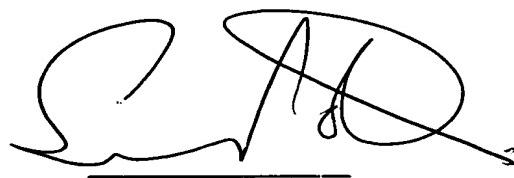


**UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

I, Susan POTTS BA ACIS,

Director of RWS Group plc, of Europa House, Marsham Way, Gerrards Cross, Buckinghamshire, England declare;

1. That I am a citizen of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.
2. That the translator responsible for the attached translation is well acquainted with the German and English languages.
3. That the attached is, to the best of RWS Group plc knowledge and belief, a true translation into the English language of the accompanying copy of the specification filed with the application for a patent in Germany on 26 June 1996 under the number 196 25 622.4 and the official certificate attached hereto.
4. That I believe that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the patent application in the United States of America or any patent issuing thereon.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "SUSAN POTTS", is written over a horizontal line.

For and on behalf of RWS Group plc

The 7th day of November 2000

**FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY**  
[Eagle crest]

**Priority Certificate  
for the filing of a Patent Application**

**File Reference:** 196 25 622.4

**Filing date:** 26 June 1996

**Applicant/Proprietor:** Siemens Aktiengesellschaft, Munich/DE

**Title:** Light-radiating semiconductor component having a luminescence conversion element

**IPC:** H 01 L, H 01 S

**The attached documents are a correct and accurate reproduction of the original submission for this Application.**

Munich, 26 October 2000  
**German Patent and Trademark Office**  
**The President**

[Seal of the German Patent  
and Trademark Office]

pp  
[signature]  
Seiler

## Description

Light-radiating semiconductor component having a luminescence conversion element

5

The invention relates to a light-radiating semiconductor component having a semiconductor body which emits radiation, having at least one first and one second electrical connection, which are 10 electrically conductively connected to the semiconductor body, and having a luminescence conversion element.

A semiconductor component of this type is disclosed for 15 example in the published patent application DE 38 04 293, which describes an arrangement having an electroluminescent or laser diode in which the entire emission spectrum radiated by the diode is shifted toward larger wavelengths by means of a plastic element 20 treated with a fluorescent, light-converting organic dye. The light radiated by the arrangement consequently has a different color from the light emitted by the light-emitting diode. Depending on the nature of the dye added to the plastic, light-emitting diode 25 arrangements which emit light in different colors can be produced using one and the same type of light-emitting diode.

In many potential areas of application for light-emitting diodes, such as, for example, in display elements in motor vehicle dashboards, lighting in aircraft and automobiles, and in full-color LED displays, there is increasingly a demand for light-emitting diode arrangements with which polychromatic 35 light, in particular white light, can be produced. To date, it has been possible to produce white "LED" light only using so-called multi-LEDs, in which three differently colored light-emitting diodes (generally

- one red, one green and one blue) or two complementarily colored light-emitting diodes (e.g. one blue and one yellow) are used. In addition to an increased mounting outlay, complicated drive electronics are also required
- 5 for such multi-LEDs since the different types of diodes require different drive voltages. Moreover, the long-term stability with regard to wavelength and intensity is impaired by various aging phenomena of the different light-emitting diodes and also on account of the
- 10 different drive voltages and the operating currents resulting therefrom. The multi-LEDs have an additional disadvantage in that component miniaturization is greatly limited.
- 15 The present invention is based on the object of developing a semiconductor component of the type mentioned in the introduction which can be used to produce polychromatic light, in particular white light.
- 20 This object is achieved by means of a semiconductor component according to claim 1. Subclaims 2 to 14 relate to advantageous developments of the invention. Subclaim 15 specifies a preferred possible use of the semiconductor component according to the invention.
- 25 The invention provides for the semiconductor body to have a layer sequence, in particular a layer sequence with an active layer made of  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$  or  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ , which emits an electromagnetic radiation of wavelength
- 30  $\lambda \leq 520$  nm, and for the luminescence conversion element to convert radiation from a first spectral subregion of the radiation emitted by the semiconductor body and originating from a first wavelength range into radiation of a second wavelength range, in such a way
- 35 that the semiconductor component emits radiation from at least one second spectral subregion of the first wavelength range and radiation of the second wavelength range. This means, for example, that the luminescence conversion element spectrally selectively absorbs

radiation emitted by the semiconductor body, and emits it in the region of longer wavelength (in the second wavelength range). Ideally, the radiation emitted by the semiconductor body has a radiation maximum at a  
5 wavelength  $\lambda \leq 520$  nm.

Likewise, the invention advantageously makes it possible also to convert a number (one or more) of first spectral subregions originating from the first  
10 wavelength range into a plurality of second wavelength ranges. As a result, it is advantageously possible to produce diverse color mixtures and color temperatures.

The semiconductor component according to the invention  
15 has the particular advantage that the wavelength spectrum generated by way of luminescence conversion and hence the color of the radiated light do not depend on the level of the operating current intensity through the semiconductor body. This has great significance  
20 particularly when the ambient temperature of the semiconductor component and, consequently, as is known, also the operating current intensity greatly fluctuate. Especially light-emitting diodes having a semiconductor body based on GaN are very sensitive in this respect.  
25

In addition, the semiconductor component according to the invention requires only a single driving voltage and, as a result, also only a single driving circuit arrangement, whereby the outlay on devices can be kept  
30 very low.

In a particularly preferred embodiment of the invention, a partially transparent luminescence conversion layer, that is to say one which is partially  
35 transparent to the radiation emitted by the radiation-emitting semiconductor body, is provided as the luminescence conversion element above or on the semiconductor body. In order to ensure a uniform color of the radiated light, the luminescence conversion

layer may advantageously be designed in such a way that it has a constant thickness throughout. This has the particular advantage that the path length of the light radiated by the semiconductor body through the 5 luminescence conversion layer is virtually constant for all radiation directions. The effect that can be achieved as a result of this is that the semiconductor component radiates light of the same color in all directions. A further particular advantage of a 10 semiconductor component according to the invention in accordance with this development consists in the fact that a high degree of reproducibility can be obtained in a simple manner, which is of considerable significance for efficient mass production. A resist or 15 resin layer treated with luminescent dye may be provided, for example, as the luminescence conversion layer.

Another preferred embodiment of the semiconductor 20 component according to the invention has a partially transparent luminescence conversion encapsulation as the luminescence conversion element, which luminescence conversion encapsulation encloses at least part of the semiconductor body (and possibly partial regions of the 25 electrical connections) and can simultaneously be utilized as component encapsulation (housing). The advantage of a semiconductor component in accordance with this embodiment consists essentially in the fact that conventional production lines used for the 30 production of conventional light-emitting diodes (for example radial light-emitting diodes) can be utilized for its production. The material of the luminescence conversion encapsulation is used for the component encapsulation instead of the transparent plastic which 35 is used for this purpose in conventional light-emitting diodes.

In further advantageous embodiments of the semiconductor component according to the invention and of

the two preferred embodiments mentioned above, the luminescence conversion layer or the luminescence conversion encapsulation is composed of a transparent material (for example plastic) which is provided with a  
5 luminescent dye (examples of preferred plastics and luminescent dyes will be found further below). In this way, it is possible to produce luminescence conversion elements in a particularly cost-effective manner. Specifically, the requisite process steps can be  
10 integrated in conventional production lines for light-emitting diodes with no major outlay.

A particularly preferred development of the invention and of the abovementioned embodiments provides for the  
15 second wavelength range or ranges to have at least partially larger wavelengths than the first wavelength range.

In particular, it is provided that a second spectral  
20 subregion of the first wavelength range and a second wavelength range are complementary to one another. In this way, it is possible to produce polychromatic, in particular white, light from a single colored light source, in particular a light-emitting diode having a  
25 single blue-light-radiating semiconductor body. In order, for example, to produce white light with a blue-light-emitting semiconductor body, part of the spectral region emitted by the semiconductor body is converted into the yellow spectral region. The color temperature  
30 of the white light can in this case be varied by a suitable choice of the luminescence conversion element, in particular by a suitable choice of the luminescent dye and its concentration. Furthermore, these arrangements also advantageously afford the possibility  
35 of using luminescent dye mixtures, as a result of which, advantageously, the desired hue can be set very accurately. Likewise, it is possible to configure luminescence conversion elements inhomogeneously, for example by means of inhomogeneous luminescent dye

distribution. Different path lengths of the light through the luminescence conversion element can advantageously be compensated for as a result of this.

- 5 In a further preferred embodiment of the semiconductor component according to the invention, the luminescence conversion element or another constituent of a component encapsulation has, for the purpose of color matching, one or more dyes which do not effect wavelength conversion. For this purpose, it is possible to use the dyes which are used for the production of conventional light-emitting diodes, such as, for example, azo, anthraquinone or perinone dyes.
- 15 In order to protect the luminescence conversion element against an excessively high radiation load, in an advantageous development or in the abovementioned preferred embodiments of the semiconductor component according to the invention, at least part of the 20 surface of the semiconductor body is surrounded by a first, transparent casing composed, for example, of a plastic, on which casing the luminescence conversion layer is applied. This reduces the radiation density in the luminescence conversion element and, consequently, 25 the radiation load thereof, which, depending on the materials used, has a positive effect on the life of the luminescence conversion element.
- 30 In a particularly preferred refinement of the invention and also of the abovementioned embodiments, a semiconductor body is used in which the emitted radiation spectrum has a luminescence maximum at a wavelength of between 420 nm and 460 nm, in particular at 430 nm (for example semiconductor body based on 35  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ ) or 450 nm (for example semiconductor body based on  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ ). It is advantageous that virtually all colors and mixed colors of the chromaticity diagram can be produced by such a semiconductor component according to the invention.

- In a further particularly preferred development of the invention and of its embodiments, the luminescence conversion encapsulation or the luminescence conversion layer is produced from a resist or from a plastic, for example the silicone, thermoplastic or thermosetting plastic materials (epoxy and acrylate resins) used for the encapsulation of optoelectronic components. Furthermore, covering elements fabricated from thermoplastic materials, for example, can be used as the luminescence conversion encapsulation. All the abovementioned materials can be treated with one or more luminescent dyes in a simple manner.
- A semiconductor component according to the invention can be realized in a particularly simple manner when the semiconductor body is arranged in a recess in an optionally prefabricated housing and the recess is provided with a covering element having the luminescence conversion layer. A semiconductor component of this type can be produced in large numbers in conventional production lines. For this purpose, all that is necessary, after the mounting of the semiconductor body in the housing, is to apply the covering element, for example a resist or casting resin layer or a prefabricated covering plate made of thermoplastic material, to the housing. Optionally, the recess in the housing may be filled with a transparent material, for example a transparent plastic, which does not alter in particular the wavelength of the light emitted by the semiconductor body or, however, if desired, may already be designed such that it effects luminescence conversion.
- In order to improve the thorough mixing of the radiation of the first wavelength range that is emitted by the semiconductor body with the luminescence-converted radiation of the second wavelength range and hence the color homogeneity of the radiated light, a

dye which emits light in the blue region is advantageously additionally added to the luminescence encapsulation or the luminescence conversion layer and/or to another component of the component 5 encapsulation, which dye attenuates a so-called directional characteristic of the radiation radiated by the semiconductor body. Directional characteristic is to be understood to mean that the radiation emitted by the semiconductor body has a preferred radiation 10 direction.

An advantageous material for the production of the abovementioned luminescence conversion layer or luminescence conversion encapsulation is polymethyl 15 methacrylate (PMMA), to which one or more luminescent dyes are added. PMMA can be treated with organic dye molecules in a simple manner. Perylene-based dye molecules, for example, can be used to produce green-, yellow- and red-light-emitting semiconductor components 20 according to the invention. Semiconductor components which emit light in the UV, visible or infrared region can also be produced by admixture of 4f-organometallic compounds. In particular, red-light-emitting semiconductor components according to the invention can 25 be realized for example by admixture of Eu<sup>3+</sup>-based organometallic chelates ( $\lambda \approx 620$  nm). Infrared-radiating semiconductor components according to the invention, in particular having blue-light-emitting semiconductor bodies, can be produced by admixture of 30 4f-chelates or of Ti<sup>3+</sup>-doped sapphire.

A white-light-radiating semiconductor component according to the invention can advantageously be produced by choosing the luminescent dye such that a 35 blue radiation emitted by the semiconductor body is converted into complementary wavelength ranges, in particular blue and yellow, or to form additive color triads, for example blue, green and red. In this case, the yellow or the green and red light is produced by

means of the luminescent dyes. The hue (color locus in the CIE chromaticity diagram) of the white light can in this case be varied by a suitable choice of the dye in respect of mixture and concentration.

5

Suitable luminescent dyes for a white-light-radiating semiconductor component according to the invention are perylene luminescent dyes, such as, for example, BASF Lumogen F 083 for green luminescence, BASF Lumogen F 240 for yellow luminescence and BASF Lumogen F 300 for red luminescence. These dyes can be added to transparent epoxy resin, for example, in a simple manner.

15 A preferred method for producing a green-light-emitting semiconductor component using a blue-light-radiating semiconductor body consists in using  $\text{UO}_2^{++}$ -substituted borosilicate glass for the luminescence conversion element.

20

In a further preferred development of a semiconductor component according to the invention and of the advantageous embodiments specified above, light-diffusing particles, so-called diffusors, are 25 additionally added to the luminescence conversion element or to another radiation-transmissive component of the component encapsulation. The color perception and the radiation characteristics of the semiconductor component can advantageously be optimized by this 30 means.

It is particularly advantageous that the luminous efficiency of white-light-emitting semiconductor components according to the invention and their 35 abovementioned embodiments having a blue-light-emitting semiconductor body produced essentially on the basis of GaN is considerably increased compared with the luminous efficiency of an incandescent bulb. The reason for this is that, on the one hand, the external quantum

efficiency of such semiconductor bodies is a few percent and, on the other hand, the luminescence efficiency of organic dye molecules is often established at more than 90%. Furthermore, the 5 semiconductor component according to the invention is distinguished by an extremely long life, greater robustness and a smaller operating voltage in comparison with the incandescent bulb.

10 It is advantageous, moreover, that the luminosity of the semiconductor component according to the invention that is perceptible to the human eye can be distinctly increased by comparison with a semiconductor component which is not equipped with the luminescence conversion 15 element but is otherwise identical, since the sensitivity of the eye increases in the direction of a higher wavelength. Furthermore, it is also possible to convert ultraviolet light into visible light.

20 The concept, presented here, of luminescence conversion with blue light from a semiconductor body can advantageously be extended to multistage luminescence conversion elements as well, in accordance with the scheme ultraviolet → blue → green → yellow → red. In 25 this case, a plurality of spectrally selectively emitting luminescence conversion elements are arranged one after the other relative to the semiconductor body.

Likewise, it is advantageously possible for a plurality 30 of differently spectrally selectively emitting dye molecules to be jointly embedded in a transparent plastic of a luminescence conversion element. A very broad color spectrum can be produced by this means.

35 In a particularly advantageous manner, semiconductor components according to the invention can be used, in accordance with the present invention, in full-color LED displays.

Further features, advantages and expediencies of the invention emerge from the following description of 5 exemplary embodiments in connection with Figures 1 to 9, in which:

5

Figure 1 shows a diagrammatic sectional view through a first exemplary embodiment of a semiconductor component according to the invention;

10 Figure 2 shows a diagrammatic sectional view of a second exemplary embodiment of a semiconductor component according to the invention;

Figure 3 shows a diagrammatic sectional view through a third exemplary embodiment of a semiconductor component according to the invention;

15 Figure 4 shows a diagrammatic sectional view of a fourth exemplary embodiment of a semiconductor component according to the invention;

Figure 5 shows a diagrammatic sectional view of a fifth exemplary embodiment of a semiconductor component  
20 according to the invention;

Figure 6 shows a diagrammatic sectional view of a sixth exemplary embodiment of a semiconductor component according to the invention;

25 Figure 7 shows a diagrammatic illustration of an emission spectrum of a blue-light-radiating semiconductor body having a layer sequence based on GaN;

Figure 8 shows a diagrammatic illustration of an emission spectrum of two semiconductor components according to the invention which radiate white light;

30 Figure 9 shows a diagrammatic sectional illustration through a semiconductor body which emits blue light;

Figure 10 shows a diagrammatic sectional view of a seventh exemplary embodiment of a semiconductor component according to the invention; and

35 Figure 11 shows a diagrammatic illustration of an emission spectrum of a semiconductor component according to the invention which radiates polychromatic red light.

Identical or identically acting parts are always designated by the same reference symbols in the various figures.

- 5 In the case of the light-emitting semiconductor component illustrated in Figure 1, a semiconductor body 1 has an underside contact 11, a top-side contact 12 and a layer sequence 7, which is composed of a number of different layers and has at least one active zone  
10 which emits a radiation (for example ultraviolet, blue or green).

An example of a suitable layer sequence 7 for this and for all of the exemplary embodiments described below is  
15 shown in Figure 9. In this case, a layer sequence made of an AlN or GaN layer 19, an n-conducting GaN layer 20, an n-conducting  $Ga_xAl_{1-x}N$  or  $Ga_xIn_{1-x}N$  layer 21, a further n-conducting GaN or a  $Ga_xIn_{1-x}N$  layer 22, a p-conducting  $Ga_xAl_{1-x}N$  layer or  $Ga_xIn_{1-x}N$  layer 23 and a  
20 p-conducting GaN layer 24 is applied on a substrate 18 composed of SiC, for example. A respective contact metallization layer 27, 28 is applied on a top side 25 of the p-conducting GaN layer 24 and an underside 26 of the substrate 18.

25 However, it is also possible to use any other semiconductor body deemed to be suitable for the semiconductor component according to the invention by a person skilled in the art. This likewise applies to all  
30 of the exemplary embodiments described below.

In the exemplary embodiment of Figure 1, the semiconductor body 1 is fixed by its underside contact 11 on a first electrical connection 2 by means of an  
35 electrically conductive bonding agent, for example a metallic solder or an adhesive. The top-side contact 12 is connected to a second electrical connection 3 by means of a bonding wire 14.

The free surfaces of the semiconductor body 1 and partial regions of the electrical connections 2 and 3 are directly enclosed by a luminescence conversion encapsulation 5. The latter is preferably composed of a 5 transparent plastic (preferably epoxy resin or polymethyl methacrylate) which can be used for transparent light-emitting diode encapsulations and is treated with luminescent dye 6. The dyes which are suitable for this purpose have already been mentioned 10 further above in the general part of the description and are not, therefore, mentioned separately at this point.

15 The exemplary embodiment of a semiconductor component according to the invention which is illustrated in Figure 2 differs from that of Figure 1 by the fact that the semiconductor body 1 and partial regions of the electrical connections 2 and 3 are enclosed by a transparent encapsulation 15 instead of by a 20 luminescence conversion encapsulation. This transparent encapsulation 15 does not effect any wavelength change in the radiation emitted by the semiconductor body 1 and is composed, for example, of an epoxy, silicone or acrylate resin which is conventionally used in light-emitting diode technology, or of another suitable 25 material.

A luminescence conversion layer 4 is applied to this transparent encapsulation 15 and, as illustrated in 30 Figure 2, covers the entire surface of the encapsulation 15. It is likewise conceivable for the luminescence conversion layer 4 to cover only a partial region of this surface. The luminescence conversion layer 4 is composed, for example, once again of a 35 transparent plastic (for example epoxy resin, resist or polymethyl methacrylate) which is treated with a luminescent dye 6.

As already explained further above, this exemplary embodiment has the particular advantage that the path length through the luminescence conversion element is approximately the same size for all of the radiation emitted by the semiconductor body. This is important particularly when, as is often the case, the exact hue of the light radiated by the semiconductor component depends on this path length.

- 10 For improved output coupling of the light from the luminescence conversion layer 4 of Figure 2, a covering 29 (depicted by a broken line) in the form of a lens can be provided on a side surface of the component, which covering reduces total reflection of the 15 radiation within the luminescence conversion layer 4. This covering 29 in the form of a lens may be composed of transparent plastic and be bonded, for example, onto the luminescence conversion layer 4 or be designed directly as a component part of the luminescence 20 conversion layer 4.

In the case of the exemplary embodiment illustrated in Figure 3, the first and second electrical connections 2, 3 are embedded in an opaque, possibly prefabricated 25 base housing 8 having a recess 9. "Prefabricated" is to be understood to mean that the base housing 8 is already preconstructed on the connections 2, 3, for example by means of injection molding, before the semiconductor body is mounted onto the connection 2. 30 The base housing 8 is composed for example of plastic and the recess 9 is designed as a reflector 17 (if appropriate by suitable coating of the inner walls of the recess 9). Such base housings 8 have long been used in particular in the case of light-emitting diodes 35 which can be surface-mounted (SMD-TOPLEDs), and are not, therefore, explained in any further detail at this point. They are applied to a lead frame having the electrical connections 2, 3 prior to the mounting of the semiconductor bodies.

The recess 9 is covered by a luminescence conversion layer 4, for example a separately produced covering plate 17 made of plastic which is fixed on the base housing 8. Suitable materials for the luminescence conversion layer 4 are once again the plastics mentioned further above in the general part of the description, in conjunction with the dyes mentioned there. The recess 9 may either be filled with a transparent plastic, or with gas or else be provided with a vacuum.

It is likewise possible for the recess 9, as shown in Figure 10, to be filled with a plastic or the like provided with luminescent dye, i.e. with a luminescence encapsulation 5 which forms the luminescence conversion element. A covering plate 17 and/or a covering 29 in the form of a lens may then also be omitted.

As in the case of the exemplary embodiment according to Figure 2, a covering 29 (depicted by a broken line) in the form of a lens can be provided on the luminescence conversion layer 4 in this case as well, for improved output coupling of the light from said luminescence conversion layer, which covering reduces total reflection of the radiation within the luminescence conversion layer 4. This covering 29 may be composed of transparent plastic and be bonded, for example, onto the luminescence conversion layer 4 or be designed integrally together with the luminescence conversion layer 4.

In Figure 4, a so-called radial diode is illustrated as a further exemplary embodiment. In this case, the semiconductor body 1 is fixed in a part 16, designed as a reflector, of the first electrical connection 2 by means of soldering or bonding, for example. Such housing designs are also well-known from light-emitting

diode technology and, therefore, need not be explained in any further detail.

In the exemplary embodiment of Figure 4, the semiconductor body 1 is surrounded by a transparent encapsulation 15 which, as in the case of the second exemplary embodiment mentioned (Figure 2), does not effect any wavelength change in the radiation emitted by the semiconductor body 1 and may be composed, for example, of a transparent epoxy resin which is conventionally used in light-emitting diode technology.

A luminescence conversion layer 4 is applied on this transparent encapsulation 15. Suitable materials for this are, for example, once again the plastics referred to in connection with the abovementioned exemplary embodiments, in conjunction with the dyes mentioned there.

The entire structure, comprising semiconductor body 1, partial regions of the electrical connections 2, 3, transparent encapsulation 15 and luminescence conversion layer 4, is directly enclosed by a further transparent encapsulation 10, which does not effect any wavelength change in the radiation which has passed through the luminescence conversion layer 4. It is composed, for example, once again of a transparent epoxy resin which is conventionally used in light-emitting diode technology.

30

The exemplary embodiment shown in Figure 5 differs from that of Figure 4 essentially by the fact that the free surfaces of the semiconductor body 1 are directly covered by a luminescence conversion encapsulation 5, which is again surrounded by a further transparent encapsulation 10. Figure 5 illustrates, moreover, by way of example, a semiconductor body 1 in which, instead of the underside contact, a further contact is provided on the semiconductor layer sequence 7, which

further contact is connected to the associated electrical connection 2 or 3 by means of a second bonding wire 14. It goes without saying that such semiconductor bodies 1 can also be used in all the 5 other exemplary embodiments described herein. Conversely, of course, a semiconductor body 1 in accordance with the abovementioned exemplary embodiments can also be used in the exemplary embodiment of Figure 5.

10

For the sake of completeness, let it be noted at this point that an integral luminescence conversion encapsulation 5, which then replaces the combination of luminescence conversion encapsulation 5 and further 15 transparent encapsulation 10, can, of course, also be used in the design according to Figure 5 in an analogous manner to the exemplary embodiment according to Figure 1.

20 In the case of the exemplary embodiment of Figure 6, a luminescence conversion layer 4 (possible materials as specified above) is applied directly to the semiconductor body 1. The latter and partial regions of the electrical connections 2, 3 are enclosed by a 25 further transparent encapsulation 10, which does not effect any wavelength change in the radiation which has passed through the luminescence conversion layer 4, and is fabricated for example from a transparent epoxy resin which can be used in light-emitting diode 30 technology.

Such semiconductor bodies 1 provided with a luminescence conversion layer 4 and not having an encapsulation can, of course, advantageously be used in 35 all housing designs known from light-emitting diode technology (for example SMD housings, radial housings (cf. Figure 5)).

In all of the exemplary embodiments described above, it is possible, in order to optimize the color perception of the radiated light and also in order to adapt the radiation characteristic, for the luminescence conversion element (luminescence conversion encapsulation 5 or luminescence conversion layer 4), if appropriate the transparent encapsulation 15, and/or if appropriate the further transparent encapsulation 10 to have light-diffusing particles, so-called diffusors.

Examples of such diffusors are mineral fillers, in particular  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  or  $\text{BaSO}_4$  or else organic pigments. These materials can be added in a simple manner to the abovementioned plastics.

Finally, Figures 7 and 8 respectively show emission spectra of a blue-light-radiating semiconductor body (Figure 8) (luminescence maximum at  $\lambda \approx 430$  nm) and of a white-light-emitting semiconductor component according to the invention which is produced by means of such a semiconductor body (Figure 9). The wavelength  $\lambda$  in nm is plotted in each case on the abscissa and a relative electroluminescence (EL) intensity is in each case plotted on the ordinate.

Only part of the radiation emitted by the semiconductor body according to Figure 7 is converted into a wavelength range of longer wavelength, with the result that white light is produced as mixed color. The dashed line 30 in Figure 8 represents an emission spectrum of a semiconductor component according to the invention which emits radiation from two complementary wavelength ranges (blue and yellow) and hence white light. In this case, the emission spectrum has a respective maximum at wavelengths of between approximately 400 and approximately 430 nm (blue) and of between approximately 550 and approximately 580 nm (yellow). The solid line 31 represents the emission spectrum of a semiconductor component according to the invention which mixes the color white from three wavelength

ranges (additive color triad formed from blue, green and red). In this case, the emission spectrum has a respective maximum for example at the wavelengths of approximately 430 nm (blue), approximately 500 nm  
5 (green) and approximately 615 nm (red).

Furthermore, Figure 11 illustrates an emission spectrum of a semiconductor component according to the invention which radiates polychromatic light comprising blue  
10 light (maximum at a wavelength of approximately 470 nm) and red light (maximum at a wavelength of approximately 620 nm). The overall color perception of the radiated light for the human eye is magenta. The emission spectrum radiated by the semiconductor body in this  
15 case corresponds once again to that of Figure 7.

## Patent Claims

1. Light-radiating semiconductor component having a semiconductor body (1), which emits radiation, having at least one first and one second electrical connection (2, 3), which are electrically conductively connected to the semiconductor body (1), and having a luminescence conversion element,  
5 characterized in that the semiconductor body (1) has a semiconductor layer sequence (7), which emits an electromagnetic radiation of wavelength  $\lambda \leq 520$  nm,
- 10 15 in that the luminescence conversion element converts radiation from a first spectral subregion of the radiation emitted by the semiconductor body (1) and originating from a first wavelength range into radiation of a second wavelength range, in such a way that the semiconductor component emits radiation from a second spectral subregion of the first wavelength range and radiation of the second wavelength range.
- 20 25 2. Semiconductor component according to claim 1, characterized in that the luminescence conversion element converts radiation from a first spectral subregion of the radiation emitted by the semiconductor body (1) and originating from a first wavelength range into radiation of a plurality of second wavelength ranges, in such a way that the semiconductor component emits radiation from a second spectral subregion of the first wavelength range and radiation of the second wavelength ranges.
- 30 35 3. Semiconductor component according to claim 1 or 2, characterized in that the luminescence conversion element converts radiation from a plurality of

first spectral subregions of the radiation emitted by the semiconductor body (1) and originating from a first wavelength range into radiation of a plurality of second wavelength ranges, in such a way that the semiconductor component emits radiation from a plurality of second spectral subregions of the first wavelength range and radiation of the second wavelength ranges.

10 4. Semiconductor component according to one of claims 1 to 3, characterized in that the semiconductor body (1) has an active layer made of  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$  or  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ .

15 5. Semiconductor component according to one of claims 1 to 4, characterized in that at least one luminescence conversion layer (4) is provided as the luminescence conversion element above or on the semiconductor body (1).

20 6. Semiconductor component according to one of claims 1 to 5, characterized in that a luminescence conversion encapsulation (5) is provided as the luminescence conversion element and encloses at 25 least part of the semiconductor body (1) and partial regions of the electrical connections (2, 3).

7. Semiconductor component according to one of claims 30 1 to 6, characterized in that the luminescence conversion element is provided with one or more luminescent dyes (6).

35 8. Semiconductor component according to one of claims 1 to 7, characterized in that the second wavelength range or ranges has or have wavelengths  $\lambda$  at least some of which are greater than those of the first wavelength range or ranges.

9. Semiconductor component according to one of claims  
1 or 4 to 8, characterized in that the second  
spectral subregion of the first wavelength range  
and the second wavelength range are at least  
5 partially complementary to one another, with the  
result that polychromatic, in particular white,  
light is produced.
10. Semiconductor component according to one of claims  
10 2 to 8, characterized in that a second spectral  
subregion of the first wavelength range and two  
second wavelength ranges produce an additive color  
triad.
11. Semiconductor component according to one of claims  
15 1 to 10, characterized in that the radiation  
emitted by the semiconductor body (1) has a  
luminescence maximum at  $\lambda = 430$  nm or at  
 $\lambda = 450$  nm.
- 20 12. Semiconductor component according to claim 5 and  
one of claims 7 to 11, characterized in that at  
least part of the surface of the semiconductor  
body (1) is surrounded by a transparent  
25 encapsulation (15), and in that a luminescence  
conversion layer (4) is applied on the transparent  
encapsulation (15).
13. Semiconductor component according to claim 5 and  
one of claims 7 to 12, characterized in that a  
30 luminescence conversion layer (4) is applied at  
least on part of the surface of the semiconductor  
body (1).
14. Semiconductor component according to claim 5 and  
35 one of claims 7 to 11, characterized in that the  
semiconductor body (1) is arranged in a recess (9)  
in a base housing (8), and in that the recess (9)  
is provided with a covering layer having a  
luminescence conversion layer (4).

15. Semiconductor component according to one of claims 1 to 14, characterized in that the semiconductor body (1) is arranged in a recess (9) in a base housing (8), and in that the recess (9) is at least partially filled by the luminescence conversion element.
15. Semiconductor component according to one of claims 1 to 14, characterized in that the luminescence conversion element has a plurality of layers having different wavelength conversion properties.
16. Semiconductor component according to one of claims 1 to 15, characterized in that the luminescence conversion element has organic dye molecules in a plastic matrix, which is composed, in particular, of silicone, thermoplastic or thermosetting plastic material.
17. Semiconductor component according to claim 16, characterized in that the luminescence conversion element has organic dye molecules in an epoxy resin matrix.
18. Semiconductor component according to claim 16, characterized in that the luminescence conversion element has organic dye molecules in a polymethyl methacrylate matrix.
19. Semiconductor component according to one of claims 1 to 18, characterized in that the luminescence conversion element has organic dye molecules with and without a wavelength conversion effect.
20. Semiconductor component according to one of claims 1 to 19, characterized in that the luminescence conversion element and/or a transparent

- encapsulation (10, 15) have/has light-diffusing particles.
21. Semiconductor component according to one of claims  
5 1 to 20, characterized in that the luminescence conversion element is provided with one or more luminescent 4f-organometallic compounds.
22. Semiconductor component according to one of claims  
10 1 to 21, characterized in that the luminescence conversion element and/or a transparent encapsulation (10, 15) is provided with at least one luminescent dye which is luminescent in the blue region.
- 15 23. Semiconductor component according to one of claims 1 to 22, characterized in that only a single semiconductor body (1) is provided.
- 20 24. Use of a plurality of semiconductor components according to one of claims 1 to 23 in a full-color LED display device.

**Abstract**

Light-radiating semiconductor component having a  
5 radiation-emitting semiconductor body (1) and a  
luminescence conversion element (4, 5). The semi-  
conductor body (1) emits radiation having a wavelength  
 $\lambda \leq 520$  nm and the luminescence conversion element (4,  
10 5) converts part of this radiation into radiation  
having a larger wavelength. This makes it possible to  
produce light-emitting diodes which radiate  
polychromatic light, in particular white light.

Figure 1

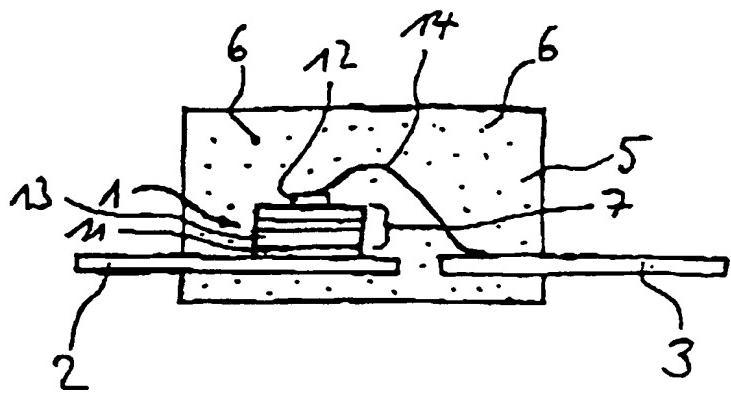


Fig. 1

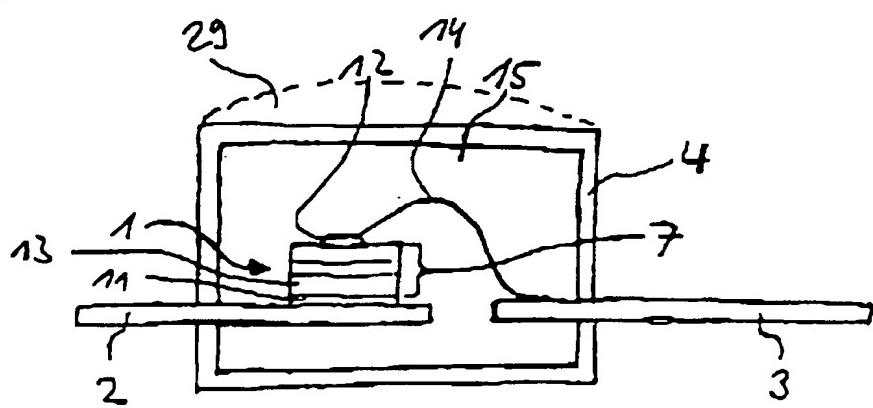


Fig. 2

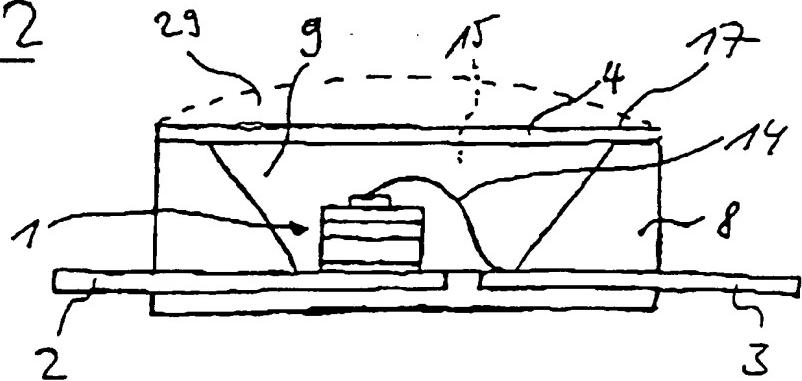


Fig. 3

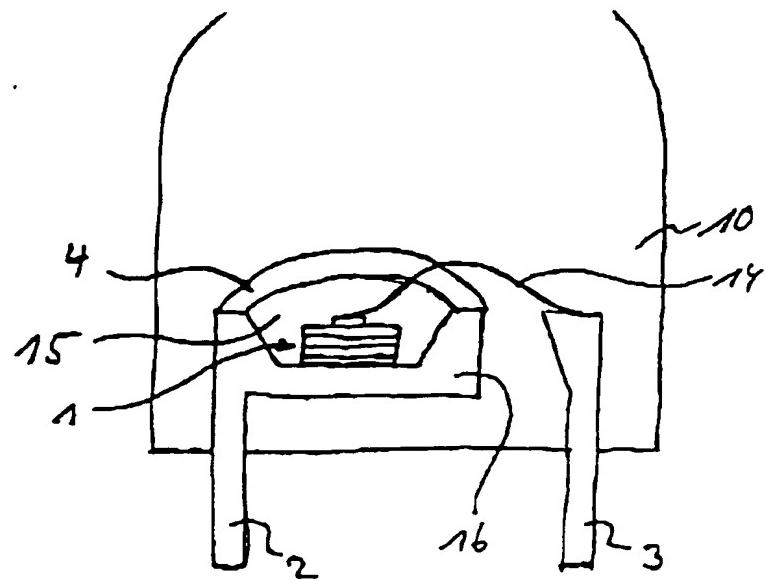


Fig. 4

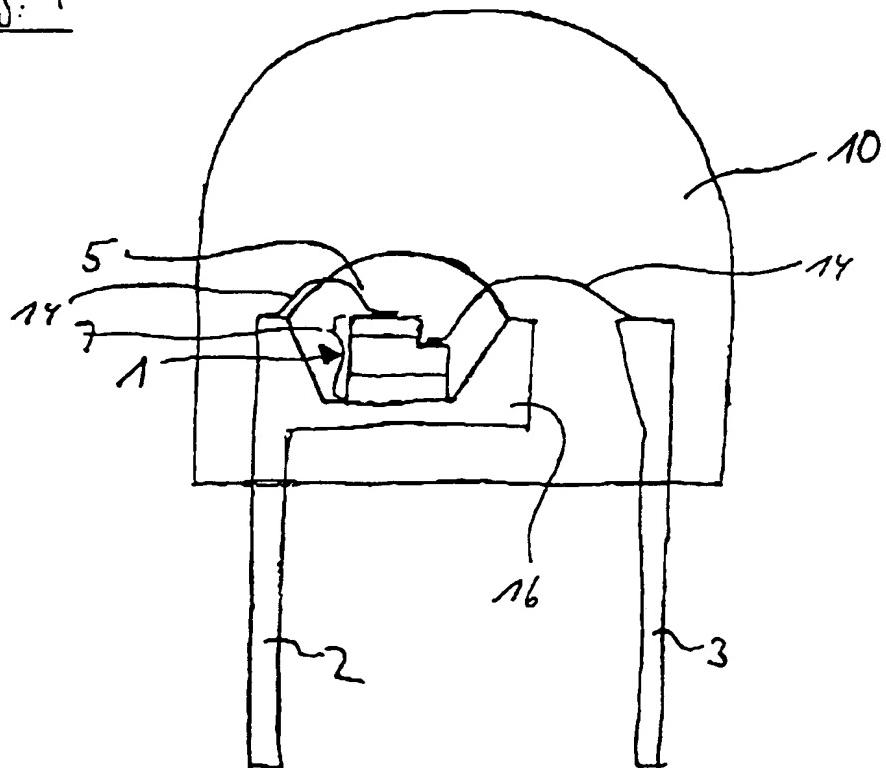


Fig. 5

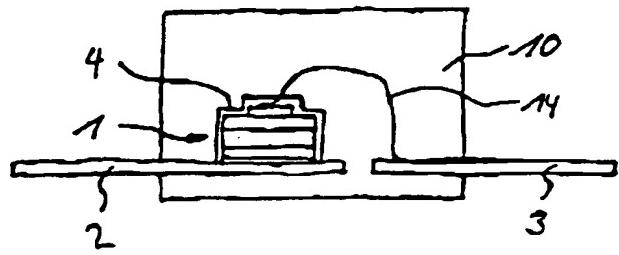


Fig. 6

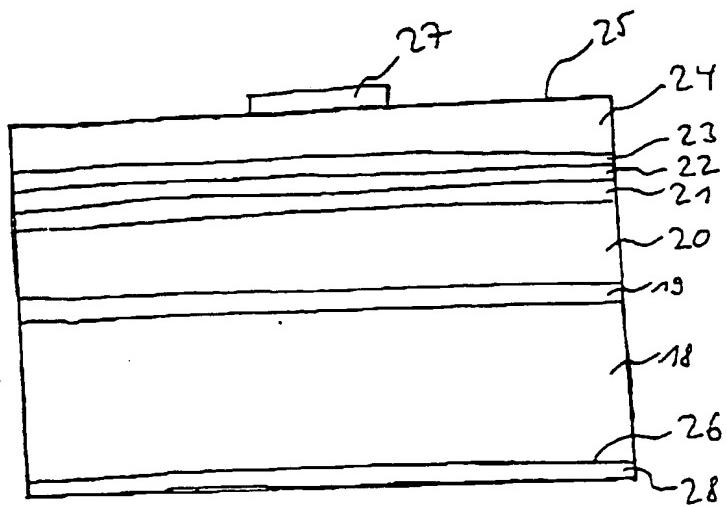


Fig. 9

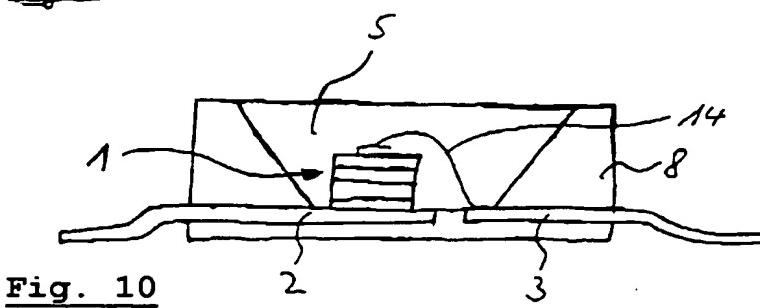


Fig. 10

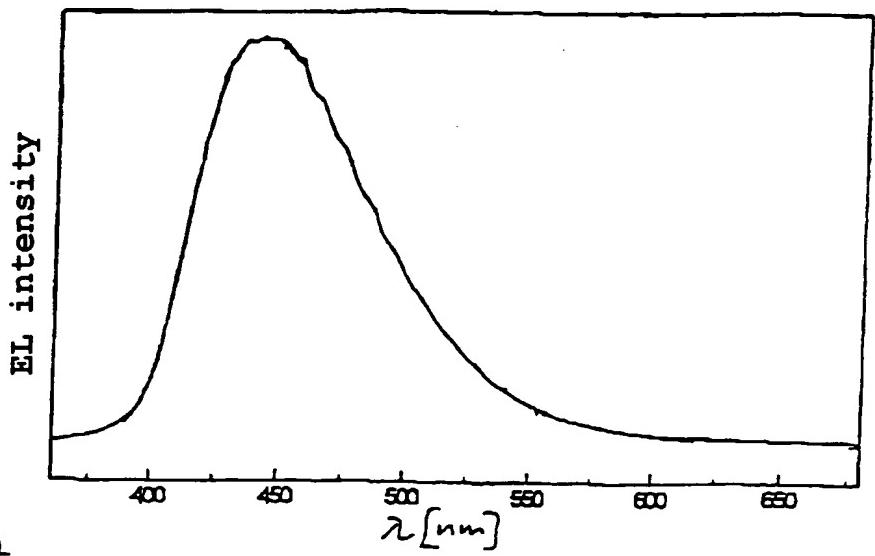


Fig. 7

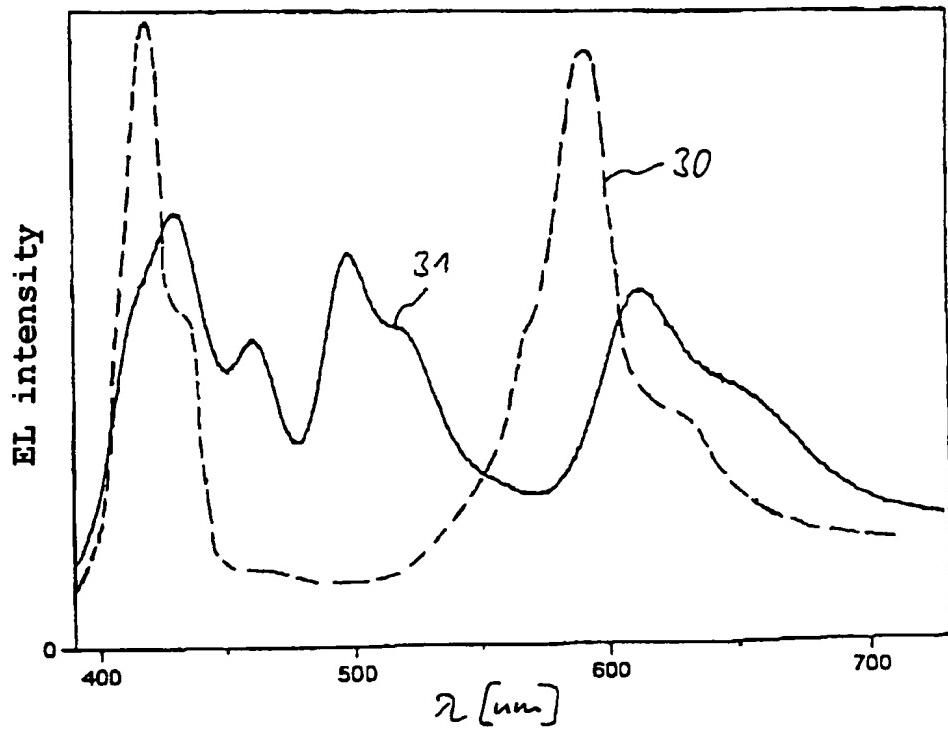


Fig. 8

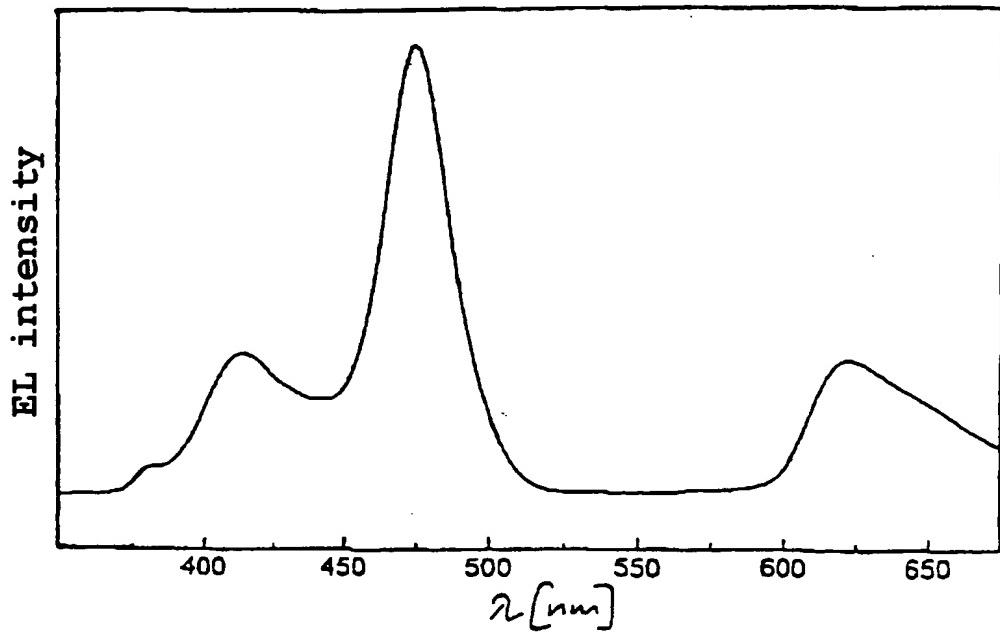


Fig. 11



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 196 25 622.4

**Anmeldetag:** 26. Juni 1996

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:** Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement mit Lumineszenzkonversionselement

**IPC:** H 01 L, H 01 S

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 26. Oktober 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Seiler

## Zusammenfassung

Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement mit einem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper (1) und einem Lumineszenzkonver-  
5 sionselement (4,5). Der Halbleiterkörper (1) sendet Strahlung mit einer Wellenlänge  $\lambda \leq 520$  nm und das Lumineszenzkonversion-  
selement (4,5) wandelt einen Teil dieser Strahlung in Strahlung mit einer größeren Wellenlänge um. Dadurch lassen sich Leucht-  
dioden herstellen, die mischfarbiges Licht, insbesondere weißes  
10 Licht abstrahlen.

Figur 1

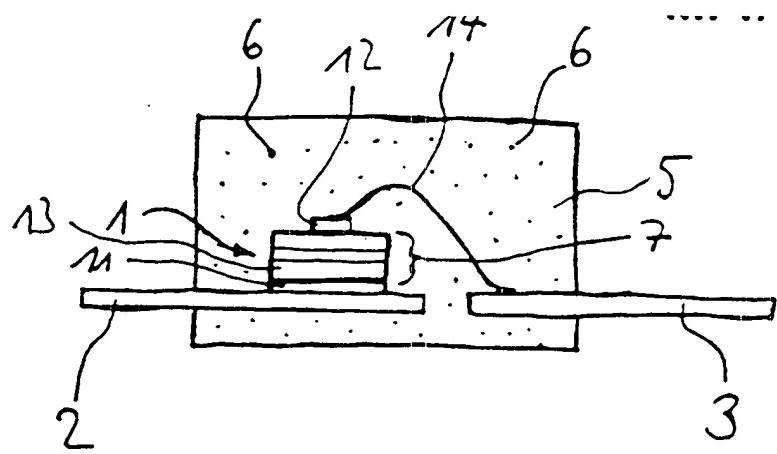


Fig. 1

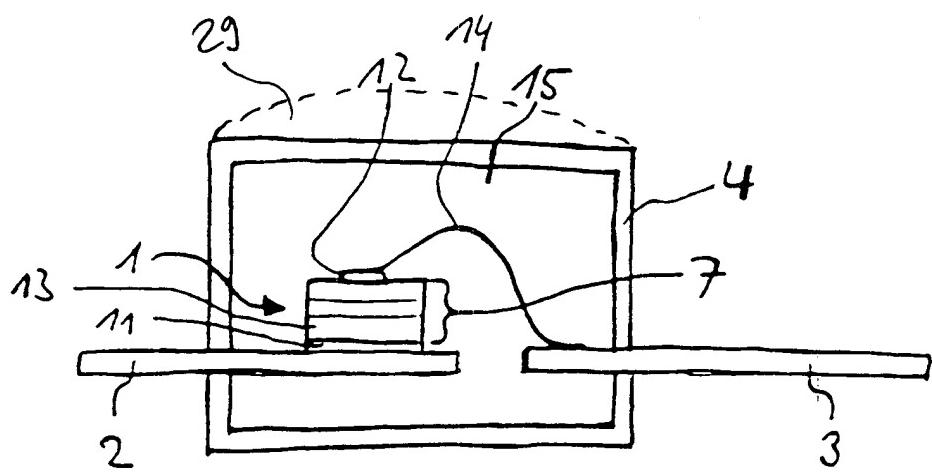


Fig. 2

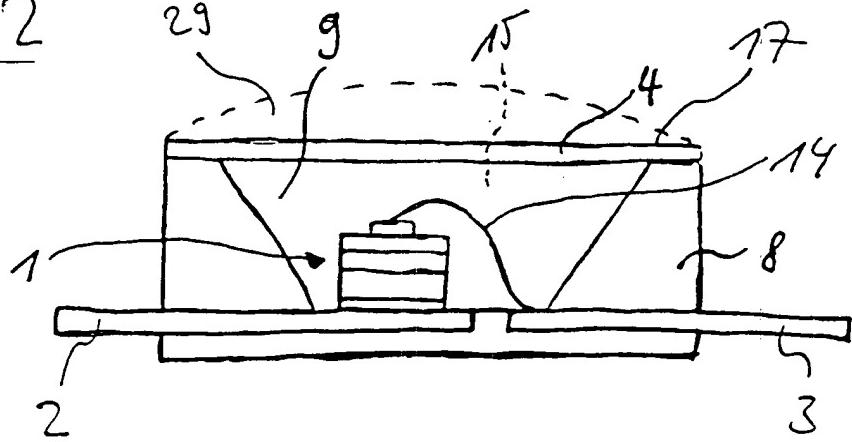


Fig. 3

## Beschreibung

Lichtabstrahlendes Halbleiterbauelement mit Lumineszenzkonversionselement

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Licht abstrahlendes Halbleiterbauelement mit einem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper, mit mindestens einem ersten und einem zweiten mit dem Halbleiterkörper elektrisch leitend verbundenen elektrischen Anschluß und mit einem Lumineszenzkonversionselement.

10

Ein derartiges Halbleiterbauelement ist beispielsweise aus der Offenlegungsschrift DE 38 04 293 bekannt. Darin ist eine Anordnung mit einer Elektrolumineszenz- oder Laserdiode beschrieben,

15

bei der das gesamte von der Diode abgestrahlte Emissionsspektrum mittels eines mit einem fluoreszierenden, lichtwandelnden organischen Farbstoff versetzten Elements aus Kunststoff zu größeren Wellenlängen hin verschoben wird. Das von der Anordnung abgestrahlte Licht weist dadurch eine andere Farbe auf als das von der Leuchtdiode ausgesandte. Abhängig von der Art des dem Kunststoff beigefügten Farbstoffes lassen sich mit ein und demselben Leuchtdiodentyp Leuchtdiodenanordnungen herstellen, die in unterschiedlichen Farben leuchten.

20

25

In vielen potentiellen Anwendungsbereichen für Leuchtdioden, wie zum Beispiel bei Anzeigeelementen im Kfz-Armaturenbrett, Beleuchtung in Flugzeugen und Autos und bei vollfarbtauglichen LED-Displays, tritt jedoch verstärkt die Forderung nach Leuchtdiodenanordnungen auf, mit denen sich mischfarbiges Licht, ins-

30

besondere weißes Licht erzeugen lässt. Bisher lässt sich weißes „LED“-Licht nur mit sogenannten Multi-LEDs erzeugen, bei denen drei verschiedenfarbige Leuchtdioden (i. a. eine rote, eine grüne und eine blaue) oder zwei komplementärfarbige Leuchtdioden (z. B. eine blaue und eine gelbe) verwendet werden. Neben einem erhöhten Montageaufwand sind für solche Multi-LEDs auch

35

aufwendige Ansteuerelektroniken erforderlich, da die verschiedenen Diodentypen unterschiedliche Ansteuerspannungen benötigen. Außerdem wird die Langzeitstabilität hinsichtlich Wellenlänge und Intensität durch unterschiedliche Alterungserscheinungen der verschiedenen Leuchtdioden und auch aufgrund der unterschiedlichen Ansteuerspannungen und den daraus resultierenden Betriebsströmen beeinträchtigt. Ein zusätzlicher Nachteil der Multi-LEDs besteht darin, daß die Bauteilminiaturisierung stark begrenzt ist.

10

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Halbleiterbauelement der eingangs genannten Art zu entwickeln, mit dem mischfarbiges Licht, insbesondere weißes Licht erzeugt werden kann.

15

Diese Aufgabe wird durch ein Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 14. Der Unteranspruch 15 gibt eine bevorzugte Verwendungsmöglichkeit des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements an.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß der Halbleiterkörper eine Schichtenfolge, insbesondere eine Schichtenfolge mit einer aktiven Schicht aus  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$  oder  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  aufweist, die eine elektromagnetische Strahlung der Wellenlänge  $\lambda \leq 520 \text{ nm}$  aussendet und daß das Lumineszenzkonversionselement Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von dem Halbleiterkörper ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereiches umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus mindestens einem zweiten spektralen Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung des zweiten Wellenlängenbereiches aussendet. Das heißt zum Beispiel, daß das Lumineszenzkonversionselement eine vom Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung spektral selektiv absorbiert und im längerwelligen Bereich (im

zweiten Wellenlängenbereich) emittiert. Idealerweise weist die von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung bei einer Wellenlänge  $\lambda \leq 520$  nm ein Strahlungsmaximum auf.

- 5 Ebenso kann vorteilhafterweise mit der Erfindung auch eine Anzahl (einer oder mehrere) von aus dem ersten Wellenlängenbereich stammenden ersten spektralen Teilbereichen in mehrere zweite Wellenlängenbereiche umgewandelt werden. Dadurch ist es vorteilhafterweise möglich, vielfältige Farbmischungen und  
10 Farbtemperaturen zu erzeugen.

Das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement hat den besonderen Vorteil, daß das über Lumineszenkonversion erzeugte Wellenlängenspektrum und damit die Farbe des abgestrahlten Lichtes nicht  
15 von der Höhe der Betriebsstromstärke durch den Halbleiterkörper abhängt. Dies hat insbesondere dann große Bedeutung, wenn die Umgebungstemperatur des Halbleiterbauelementes und damit bekanntermaßen auch die Betriebsstromstärke stark schwankt. Besonders Leuchtdioden mit einem Halbleiterkörper auf der Basis  
20 von GaN sind diesbezüglich sehr empfindlich.

Außerdem benötigt das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement nur eine einzige Ansteuerspannung und damit auch nur eine einzige Ansteuerschaltungsanordnung, wodurch der Bauteileaufwand sehr  
25 gering gehalten werden kann.

Bei einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist als Lumineszenzkonversionselement über oder auf dem Halbleiterkörper eine teiltransparente, d. h. eine für die von dem  
30 Strahlung aussendenden Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung teilweise transparente Lumineszenzkonversionsschicht vorgesehen. Um eine einheitliche Farbe des abstrahlten Lichtes sicherzustellen, kann die vorteilhafterweise die Lumineszenzkonversionsschicht derart ausgebildet sein, daß sie durchweg eine konstante Dicke aufweist. Dies hat den besonderen Vorteil, daß die  
35

Weglänge des von dem Halbleiterkörper abgestrahlten Lichtes durch die Lumineszenzkonversionsschicht hindurch für alle Strahlungsrichtungen nahezu konstant ist. Dadurch kann erreicht werden, daß das Halbleiterbauelement in alle Richtungen Licht derselben Farbe abstrahlt. Ein weiterer besonderer Vorteil eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements gemäß dieser Weiterbildung besteht darin, daß auf einfache Weise eine hohe Reproduzierbarkeit erzielt werden kann, was für eine effiziente Massenfertigung von wesentlicher Bedeutung ist. Als Lumineszenzkonversionsschicht kann beispielsweise eine mit Lumineszenzfarbstoff versetzte Lack- oder Harzschicht vorgesehen sein.

Eine andere bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes weist als Lumineszenzkonversionselement eine teiltransparente Lumineszenzkonversionsumhüllung auf, die zumindest einen Teil des Halbleiterkörpers (und evtl. Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse) umschließt und gleichzeitig als Bauteilumhüllung (Gehäuse) genutzt sein kann. Der Vorteil eines Halbleiterbauelements gemäß dieser Ausführungsform besteht im wesentlichen darin, daß zu seiner Herstellung konventionelle, für die Herstellung von herkömmlichen Leuchtdioden (z. B. Radial-Leuchtdioden) eingesetzte Produktionslinien genutzt werden können. Für die Bauteilumhüllung ist anstelle des bei herkömmlichen Leuchtdioden dafür verwendeten transparenten Kunststoffes das Material der Lumineszenzkonversionsumhüllung verwendet.

Bei weiteren vorteilhaften Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements und der beiden oben genannten bevorzugten Ausführungsformen besteht die Lumineszenzkonversionschicht bzw. die Lumineszenzkonversionsumhüllung aus einem transparenten Material (z. B. Kunststoff), das mit einem Lumineszenzfarbstoff versehen ist (Beispiele für geeignete Kunststoffe und Lumineszenzfarbstoffe finden sich weiter unten). Auf diese Weise lassen sich Lumineszenzkonversionselemente beson-

ders kostengünstig herstellen. Die dazu notwendigen Verfahrensschritte sind nämlich ohne großen Aufwand in herkömmliche Produktionslinien für Leuchtdioden integrierbar.

- 5 Bei einer besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung bzw. der o. g. Ausführungsformen ist vorgesehen, daß der oder die zweiten Wellenlängenbereiche zumindest teilweise größere Wellenlängen aufweisen als der erste Wellenlängenbereich.
- 10 Insbesondere ist vorgesehen, daß ein zweiter spektraler Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und ein zweiter Wellenlängenbereich zueinander komplementär sind. Auf diese Weise kann aus einer einzigen farbigen Lichtquelle, insbesondere einer Leuchtdiode mit einem einzigen blaues Licht abstrahlenden Halbleiterkörper, mischfarbiges, insbesondere weißes Licht erzeugt werden. Um z. B. mit einem blaues Licht aussendenden Halbleiterkörper weißes Licht zu erzeugen, wird ein Teil des von dem Halbleiterkörper ausgesandten Spektralbereiches in den gelben Spektralbereich konvertiert. Die Farbtemperatur des weißen Lichtes kann dabei durch geeignete Wahl des Lumineszenzkonversionselementes, insbesondere durch eine geeignete Wahl des Lumineszenzfarbstoffes und dessen Konzentration, variiert werden. Darüberhinaus bieten diese Anordnungen vorteilhaftweise auch die Möglichkeit, Lumineszenzfarbstoffmischungen einzusetzen, wodurch sich vorteilhaftweise der gewünschte Farnton sehr genau einstellen lässt. Ebenso können Lumineszenzkonversionselemente inhomogen ausgestaltet sein, z. B. mittels einer inhomogenen Lumineszenzfarbstoffverteilung. Unterschiedliche Wellenlängen des Lichtes durch das Lumineszenzkonversionselement können dadurch vorteilhaftweise kompensiert werden.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements weist das Lumineszenzkonversionselement oder ein anderer Bestandteil einer Bauteilumhüllung zur Farbanpassung einen oder mehrere Farbstoffe auf, die keine

Wellenlängenkonversion bewirken. Hierzu können die für die Herstellung von herkömmlichen Leuchtdioden verwendeten Farbstoffe wie z. B. Azo-, Anthrachinon- oder Perinon-Farbstoffe eingesetzt werden.

5

Zum Schutz des Lumineszenzkonversionselements vor einer zu hohen Strahlenbelastung ist bei einer vorteilhaften Weiterbildung bzw. bei den o. g. bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements zumindest ein Teil der Oberfläche des Halbleiterkörpers von einer ersten, z. B. aus einem Kunststoff bestehenden transparenten Hülle umgeben, auf der die Lumineszenzkonversionsschicht aufgebracht ist. Dadurch wird die Strahlungsdichte im Lumineszenzkonversionselement und somit dessen Strahlungsbelastung verringert, was sich je nach verwendeten Materialien positiv auf die Lebensdauer des Lumineszenzkonversionselementes auswirkt.

Bei einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sowie der oben genannten Ausführungsformen ist ein Halbleiterkörper verwendet, bei dem das ausgesandte Strahlungsspektrum bei einer Wellenlänge zwischen 420nm und 460 nm, insbesondere bei 430 nm (z. B. Halbleiterkörper auf der Basis von  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ ) oder 450 nm (z. B. Halbleiterkörper auf der Basis von  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$ ) ein Lumineszenz-Maximum aufweist. Mit einem derartigen erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement lassen sich vorteilhafte Weise nahezu sämtliche Farben und Mischfarben der Farbtafel erzeugen.

Bei einer weiteren besonders bevorzugten Weiterbildung der Erfindung und deren Ausführungsformen besteht die Lumineszenzkonversionsumhüllung bzw. die Lumineszenzkonversionsschicht aus einem Lack oder aus einem Kunststoff, wie beispielsweise die für die Umhüllung optoelektronischer Bauelemente eingesetzten Silikon-, Thermoplast- oder Duroplastmaterialien (Epoxid- u. Acrylatharze). Des Weiteren können z. B. aus Thermoplastmateria-

lien gefertigte Abdeckelemente als Lumineszenzkonversionsumhüllung eingesetzt sein. Sämtliche oben genannten Materialien lassen sich auf einfache Weise mit einem oder mehreren Lumineszenzfarbstoffen versetzen.

5

Besonders einfach läßt sich ein erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement dann realisieren, wenn der Halbleiterkörper in einer Ausnehmung eines gegebenenfalls vorgefertigten Gehäuses angeordnet ist und die Ausnehmung mit einem die Lumineszenzkonversionsschicht aufweisenden Abdeckelement versehen ist. Ein derartiges Halbleiterbauelement läßt sich in großer Stückzahl in herkömmlichen Produktionslinien herstellen. Hierzu muß lediglich nach der Montage des Halbleiterkörpers in das Gehäuse das Abdeckelement, beispielsweise eine Lack- oder Gießharzsicht oder eine vorgefertigte Abdeckplatte aus Thermoplastmaterial, auf das Gehäuse aufgebracht werden. Optional kann die Ausnehmung des Gehäuses mit einem transparenten Material, beispielsweise einem transparenten Kunststoff, gefüllt sein, das insbesondere die Wellenlänge des von dem Halbleiterkörper ausgesandten Lichtes nicht verändert oder aber, falls gewünscht, bereits lumineszenzkonvertierend ausgebildet sein kann.

Um die Durchmischung der von dem Halbleiterkörper ausgesandten Strahlung des ersten Wellenlängenbereiches mit der lumineszenzkonvertierten Strahlung des zweiten Wellenlängenbereiches und damit die Farbkonstanz des abstrahlten Lichtes zu verbessern, kann der Lumineszenzumhüllung bzw. der Lumineszenzkonversionsschicht und oder einer anderen Komponente der Bauteilumhüllung vorteilhafterweise zusätzlich ein im Blauen lumineszierender Farbstoff hinzugefügt werden, der eine sogenannte Richtcharakteristik der von dem Halbleiterkörper abgestrahlten Strahlung abschwächt. Unter Richtcharakteristik ist zu verstehen, daß die von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung eine bevorzugte Abstrahlrichtung aufweist.

Ein vorteilhaftes Material zur Herstellung der o. g. Lumineszenzkonversionsschicht bzw. Lumineszenzkonversionsumhüllung ist Polymethylmetacrylat (PMMA) dem ein oder mehrere Lumineszenzfarbstoffe zugesetzt sind. PMMA lässt sich auf einfache Weise mit organischen Farbstoffmolekülen versetzen. Zur Herstellung von grün-, gelb- und rotleuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen können z. B. Farbstoffmoleküle auf Perylen-Basis verwendet sein. Im UV, im Sichtbaren oder im Infraroten leuchtende Halbleiterbauelemente können auch durch Beimischung von 4f-metallorganischen Verbindungen hergestellt werden. Insbesondere können rotleuchtende erfindungsgemäße Halbleiterbauelemente z. B. durch Beimischung von auf Eu<sup>3+</sup> basierenden metallorganischen Chelaten ( $\lambda \approx 620$  nm) realisiert werden. Infrarot strahlende erfindungsgemäße Halbleiterbauelemente, insbesondere mit blaues Licht aussendenden Halbleiterkörpern, können mittels Beimischung von 4f-Chelaten oder von Ti<sup>3+</sup>-dotiertem Saphir hergestellt werden.

Ein weißes Licht abstrahlendes erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement lässt sich vorteilhafterweise dadurch herstellen, daß der Lumineszenzfarbstoff so gewählt wird, daß eine von dem Halbleiterkörper ausgesandte blaue Strahlung in komplementäre Wellenlängenbereiche, insbesondere Blau und Gelb, oder zu additiven Farbtripeln, z. B. Blau, Grün und Rot umgewandelt wird. Hierbei wird das gelbe bzw. das grüne und rote Licht über die Lumineszenzfarbstoffe erzeugt. Der Farbton (Farbort in der CIE-Farbtafel) des weißen Lichts kann dabei durch geeignete Wahl des Farbstoffes hinsichtlich Mischung und Konzentration variiert werden.

Geeignete Lumineszenzfarbstoffe für ein weißes Licht abstrahlendes erfindungsgemäßes Halbleiterbauelement sind Perylen-Lumineszenzfarbstoffe wie z. B. BASF Lumogen F 083 für grüne Lumineszenz, BASF Lumogen F 240 für gelbe Lumineszenz und BASF Lumogen F 300 für rote Lumineszenz. Diese Farbstoffe lassen

sich auf einfache Weise z. B. transparentem Epoxidharz zusetzen.

Eine bevorzugte Methode, mit einem blauen Licht abstrahlenden  
5 Halbleiterkörper ein grün leuchtendes Halbleiterbauelement herzustellen, besteht darin, für das Lumineszenzkonversionselement  $\text{UO}_2^{++}$ -substituiertes Borsilikatglas zu verwenden.

Bei einer weiteren bevorzugten Weiterbildung eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements bzw. der oben angegebenen vorteilhaften Ausführungsformen sind dem Lumineszenzkonversionselement oder einer anderen strahlungsdurchlässigen Komponente der Bauteilumhüllung zusätzlich lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren zugesetzt. Hierdurch lässt sich vorteilhafte  
10 weise der Farbeindruck und die Abstrahlcharakteristik des Halbleiterbauelements optimieren.  
15

Von besonderem Vorteil ist, daß die Leuchteffizienz von weißleuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementen bzw. deren  
20 o. g. Ausführungsformen mit einem im wesentlichen auf der Basis von GaN hergestellten blau leuchtenden Halbleiterkörper gegenüber der Leuchteffizienz einer Glühbirne erheblich erhöht ist. Der Grund dafür besteht darin, daß zum einen die externe Quantenausbeute derartiger Halbleiterkörper bei einigen Prozent  
25 liegt und andererseits die Lumineszenzausbeute von organischen Farbstoff-Molekülen oft bei über 90% angesiedelt ist. Darüberhinaus zeichnet sich das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement im Vergleich zur Glühbirne durch eine extrem lange Lebensdauer, größere Robustheit und eine kleinere Betriebsspannung aus.  
30

Vorteilhaft ist weiterhin, daß die für das menschliche Auge wahrnehmbare Helligkeit des erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements gegenüber einem ohne Lumineszenzkonversionselement ausgestatteten, aber sonst identischen Halbleiterbauelement  
35 deutlich erhöht werden kann, da die Augenempfindlichkeit zu hö-

herer Wellenlänge hin zunimmt. Es kann darüberhinaus auch ultraviolettes Licht in sichtbares Licht umgewandelt werden.

Das hier vorgestellte Konzept der Lumineszenzkonversion mit blauem Licht eines Halbleiterkörpers lässt sich vorteilhafterweise auch auf mehrstufige Lumineszenzkonversionselemente erweitern, nach dem Schema ultraviolett → blau → grün → gelb → rot. Hierbei werden eine Mehrzahl von spektral selektiv emittierenden Lumineszenzkonversionselementen relativ zum Halbleiterkörper hintereinander angeordnet.

Ebenso können vorteilhafterweise mehrere unterschiedlich spektral selektiv emittierende Farbstoffmoleküle gemeinsam in einen transparenten Kunststoff eines Lumineszenzkonversionselements eingebettet sein. Hierdurch ist ein sehr breites Farbspektrum erzeugbar.

Besonders vorteilhaft können erfindungsgemäße Halbleiterbauelemente gemäß der vorliegenden Erfindung in vollfarbtauglichen LED-Anzeigevorrichtungen (Displays) eingesetzt werden.

Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeitkeiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von 5 Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Figuren 1 bis 9. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Schnittansicht durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements; Figur 2 eine schematische Schnittansicht eines zweiten Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes; Figur 3 eine schematische Schnittansicht durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes; Figur 4 eine schematische Schnittansicht eines vierten Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements;

- Figur 5 eine schematische Schnittansicht eines fünften Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;
- Figur 6 eine schematische Schnittansicht eines sechsten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;
- 5 Figur 7 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums eines blauen Licht abstrahlenden Halbleiterkörpers mit einer Schichtenfolge auf der Basis von GaN;
- Figur 8 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums zweier erfindungsgemäßer Halbleiterbauelemente, die weißes Licht abstrahlen;
- Figur 9 eine schematische Schnittdarstellung durch einen Halbleiterkörper, der blaues Licht aussendet;
- Figur 10 eine schematische Schnittansicht eines siebten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes;
- 15 und
- Figur 11 eine schematische Darstellung eines Emissionsspektrums eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelementes, das mischfarbiges rotes Licht abstrahlt.
- 20 Bei den verschiedenen Figuren sind gleiche bzw. gleichwirkende Teile immer mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.
- Bei dem in Figur 1 dargestellten Licht aussendenden Halbleiterbauelement weist ein Halbleiterkörper 1 einen Unterseitenkontakt 11, einen Oberseitenkontakt 12 und eine sich aus einer Anzahl von unterschiedlichen Schichten zusammensetzende Schichtenfolge 7 auf, die mindestens eine eine Strahlung (z. B. ultraviolett, blau oder grün) aussendende aktive Zone besitzt.
- 25
- 30 Ein Beispiel für eine geeignete Schichtenfolge 7 für dieses und für sämtliche im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispiele ist in Figur 9 gezeigt. Hierbei ist auf einem Substrat 18, das z. B. aus SiC besteht, eine Schichtenfolge aus einer AlN- oder GaN-Schicht 19, einer n-leitenden GaN-Schicht 20, einer n-leitenden  $Ga_xAl_{1-x}N$ - oder  $Ga_xIn_{1-x}N$ -Schicht 21, einer weiteren n-
- 35

leitenden GaN- oder einer  $Ga_xIn_{1-x}N$ -Schicht 22, einer p-leitenden  $Ga_xAl_{1-x}N$ - oder  $Ga_xIn_{1-x}N$ -Schicht 23 und einer p-leitenden GaN-Schicht 24 aufgebracht. Auf einer Oberseite 25 der p-leitenden GaN-Schicht 24 und einer Unterseite 26 des  
5 Substrats 18 ist jeweils eine Kontaktmetallisierung 27, 28 aufgebracht.

Es kann jedoch auch jeder andere dem Fachmann für das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement als geeignet erscheinende  
10 Halbleiterkörper verwendet werden. Dies gilt ebenso für sämtliche nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele.

Im Ausführungsbeispiel von Figur 1 ist der Halbleiterkörper 1 mittels eines elektrisch leitenden Verbindungsmittels, z. B.  
15 ein metallisches Lot oder ein Klebstoff, mit seinem Unterseitenkontakt 11 auf einem ersten elektrischen Anschluß 2 befestigt. Der Oberseitenkontakt 12 ist mittels eines Bonddrahtes 14 mit einem zweiten elektrischen Anschluß 3 verbunden.

- 20 Die freien Oberflächen des Halbleiterkörpers 1 und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2 und 3 sind unmittelbar von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 umschlossen. Diese besteht beispielsweise aus einem für transparente Leuchtdioden umhüllungen verwendbaren transparenten Kunststoff (z. B. Epoxidharz  
25 oder Polymethylmetaacrylat), der mit Lumineszenzfarbstoff 6 versetzt ist. Die hierzu geeigneten Farbstoffe sind bereits weiter oben im allgemeinen Teil der Beschreibung genannt und werden daher an dieser Stelle nicht eigens angeführt.
- 30 Das in Figur 2 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements unterscheidet sich von dem der Figur 1 dadurch, daß der Halbleiterkörper 1 und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse 2 und 3 anstatt von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung von einer transparenten Umhüllung  
35 15 umschlossen sind. Diese transparente Umhüllung 15 bewirkt

keine Wellenlängenänderung der von dem Halbleiterkörper 1 ausgesandten Strahlung und besteht beispielsweise aus einem in der Leuchtdiodentechnik herkömmlich verwendeten Epoxid-, Silikon- oder Acrylatharz oder aus einem anderen geeigneten Material.

5

Auf diese transparente Umhüllung 15 ist eine Lumineszenzkonversionsschicht 4 aufgebracht, die, wie in der Figur 2 dargestellt, die gesamte Oberfläche der Umhüllung 15 bedeckt. Ebenso denkbar ist, daß die Lumineszenzkonversionsschicht 4 nur einen Teilbereich dieser Oberfläche bedeckt. Die Lumineszenzkonversionsschicht 4 besteht beispielsweise wiederum aus einem transparenten Kunststoff (z. B. Epoxidharz, Lack oder Polymethylmethacrylat), der mit einem Lumineszenzfarbstoff 6 versetzt ist.

10 Dieses Ausführungsbeispiel hat, wie weiter oben bereits erwähnt, den besonderen Vorteil, daß für die gesamte von dem Halbleiterkörper ausgesandte Strahlung die Weglänge durch das Lumineszenzkonversionselement nahezu gleich groß ist. Dies spielt insbesondere dann eine bedeutende Rolle, wenn, wie es 20 oftmals der Fall ist, der genaue Farnton des von dem Halbleiterbauelement abgestrahlten Lichtes von dieser Weglänge abhängt.

Zur besseren Auskopplung des Lichtes aus der Lumineszenzkonversionsschicht 4 von Figur 2 kann auf einer Seitenfläche des Bauelements eine linsenförmige Abdeckung 29 (gestrichelt eingezeichnet) vorgesehen sein, die eine Totalreflexion der Strahlung innerhalb der Lumineszenzkonversionsschicht 4 reduziert. Diese linsenförmige Abdeckung 29 kann aus transparentem Kunststoff bestehen und auf die Lumineszenzkonversionsschicht 4 beispielsweise aufgeklebt oder direkt als Bestandteil der Lumineszenzkonversionsschicht 4 ausgebildet sein.

Bei dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind der 35 erste und zweite elektrische Anschluß 2,3 in ein lichtundurch-

- lässiges evtl. vorgefertigtes Grundgehäuse 8 mit einer Ausnehmung 9 eingebettet. Unter „vorgefertigt“ ist zu verstehen, daß das Grundgehäuse 8 bereits an den Anschlüssen 2,3 beispielsweise mittels Spritzguß fertig ausgebildet ist, bevor der Halbleiterkörper auf den Anschluß 2 montiert wird. Das Grundgehäuse 8 besteht beispielsweise aus Kunststoff und die Ausnehmung 9 ist als Reflektor 17 (ggf. durch geeignete Beschichtung der Innenwände der Ausnehmung 9) ausgebildet. Solche Grundgehäuse 8 werden seit langem insbesondere bei oberflächenmontierbaren Leuchtdioden (SMD-TOPLEDs) verwendet und werden daher an dieser Stelle nicht mehr näher erläutert. Sie werden vor der Montage der Halbleiterkörper auf ein die elektrischen Anschlüsse 2,3 aufweisendes Leiterband (Leadframe) aufgebracht.
- Die Ausnehmung 9 ist von einer Lumineszenzkonversionsschicht 4, beispielsweise eine separat hergestellte und auf dem Grundgehäuse 8 befestigte Abdeckplatte 17 aus Kunststoff abgedeckt. Als geeignete Materialien für die Lumineszenzkonversionsschicht 4 kommen wiederum die weiter oben im allgemeinen Teil der Beschreibung genannten Kunststoffe in Verbindung mit den dort genannten Farbstoffen in Frage. Die Ausnehmung 9 kann sowohl mit einem transparenten Kunststoff oder mit Gas gefüllt als auch mit einem Vakuum versehen sein.
- Ebenso ist es möglich, daß die Ausnehmung 9, wie in Figur 10 gezeigt, mit einem mit Lumineszenzfarbstoff versehenen Kunststoff o. ä., d. h. mit einer Lumineszenzhüllung 5 gefüllt ist, die das Lumineszenzkonversionselement bildet. Eine Abdeckplatte 17 und/oder eine linsenförmige Abdeckung 29 kann dann auch weggelassen sein.

Wie bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 kann auch hier zur besseren Auskopplung des Lichtes aus der Lumineszenzkonversionsschicht 4 auf dieser eine linsenförmige Abdeckung 29 (gestrichelt eingezeichnet) vorgesehen sein, die eine Totalre-

flexion der Strahlung innerhalb der Lumineszenzkonversions-  
schicht 4 reduziert. Diese Abdeckung 29 kann aus transparentem  
Kunststoff bestehen und auf die Lumineszenzkonversionsschicht 4  
beispielsweise aufgeklebt oder zusammen mit der Lumineszenzkon-  
versionsschicht 4 einstückig ausgebildet sein.

In Figur 4 ist als weiteres Ausführungsbeispiel eine sogenannte  
Radialdiode dargestellt. Hierbei ist der Halbleiterkörper 1 in  
einem als Reflektor ausgebildeten Teil 16 des ersten elektri-  
10 schen Anschlußes 2 beispielsweise mittels Löten oder Kleben be-  
festigt. Auch derartige Gehäusebauformen sind aus der Leuchtdi-  
odentechnik wohlbekannt und bedürfen von daher keiner näheren  
Erläuterung.

15 Bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 4 ist der Halbleiterkör-  
per 1 von einer transparenten Umhüllung 15 umgeben, die wie  
beim zweitgenannten Ausführungsbeispiel (Figur 2) keine Wellen-  
längenänderung der von dem Halbleiterkörper 1 ausgesandten  
Strahlung bewirkt und beispielsweise aus einem herkömmlich in  
20 der Leuchtdiodentechnik verwendeten transparenten Epoxidharz  
bestehen kann.

Auf dieser transparenten Umhüllung 15 ist eine Lumineszenzkon-  
versionsschicht 4 aufgebracht. Als Material hierfür kommen bei-  
25 spielsweise wiederum die im Zusammenhang mit den vorgenannten  
Ausführungsbeispielen angeführten Kunststoffe in Verbindung mit  
den dort genannten Farbstoffen in Frage.

Der gesamte Aufbau, bestehend aus Halbleiterkörper 1, Teilbe-  
30 reiche der elektrischen Anschlüsse 2,3, transparente Umhüllung  
15 und Lumineszenzkonversionsschicht 4, ist unmittelbar von ei-  
ner weiteren transparenten Umhüllung 10 umschlossen, die keine  
Wellenlängenänderung der durch die Lumineszenzkonverions-  
schicht 4 hindurchgetretenen Strahlung bewirkt. Sie besteht

beispielsweise wiederum aus einem herkömmlich in der Leuchtdiodentechnik verwendeten transparenten Epoxidharz.

Das in Figur 5 gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich  
5 von dem von Figur 4 im wesentlichen dadurch, daß die freien  
Oberflächen des Halbleiterkörpers 1 unmittelbar von einer Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 bedeckt sind, die wiederum von  
einer weiteren transparenten Umhüllung 10 umgeben ist. In Figur  
10 5 ist weiterhin beispielhaft ein Halbleiterkörper 1 darge-  
stellt, bei dem anstelle des Unterseitenkontaktees ein weiterer  
Kontakt auf der Halbleiterschichtenfolge 7 angebracht ist, der  
mittels eines zweiten Bonddrahtes 14 mit dem zugehörigen elek-  
trischen Anschluß 2 oder 3 verbunden ist. Selbstverständlich  
sind derartige Halbleiterkörper 1 auch bei allen anderen hierin  
15 beschriebenen Ausführungsbeispielen einsetzbar. Umgekehrt ist  
natürlich auch bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 5 ein  
Halbleiterkörper 1 gemäß den vorgenannten Ausführungsbeispielen  
verwendbar.  
  
20 Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle angemerkt, daß  
selbstverständlich auch bei der Bauform nach Figur 5 analog zu  
dem Ausführungsbeispiel nach Figur 1 eine einstückige Lumines-  
zenzkonversionsumhüllung 5, die dann an die Stelle der Kombina-  
tion aus Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 und weiterer trans-  
25 parenter Umhüllung 10 tritt, verwendet sein kann.

Bei dem Ausführungsbeispiel von Figur 6 ist eine Lumineszenz-  
konversionsschicht 4 (mögliche Materialien wie oben angegeben)  
direkt auf den Halbleiterkörper 1 aufgebracht. Dieser und Teil-  
30 bereiche der elektrischen Anschlüsse 2,3 sind von einer weite-  
ren transparenten Umhüllung 10 umschlossen, die keine Wellen-  
längenänderung der durch die Lumineszenzkonversionsschicht 4  
hindurchgetretenen Strahlung bewirkt und beispielsweise aus ei-  
nem in der Leuchtdiodentechnik verwendbaren transparenten  
35 Epoxidharz gefertigt ist.

Solche, mit einer Lumineszenzkonversionsschicht 4 versehenen Halbleiterkörper 1 ohne Umhüllung können natürlich vorteilhaftweise in sämtlichen aus der Leuchtdiodentechnik bekannten 5 Gehäusebauformen (z. B. SMD-Gehäuse, Radial-Gehäuse (man vergleiche Figur 5)) verwendet sein.

Bei sämtlichen der oben beschriebenen Ausführungsbeispielen kann zur Optimierung des Farbeindrucks des abstrahlten Lichts 10 sowie zur Anpassung der Abstrahlcharakteristik das Lumineszenzkonversionselement (Lumineszenzkonversionsumhüllung 5 oder Lumineszenzkonversionsschicht 4), ggf. die transparente Umhüllung 15, und/oder ggf. die weitere transparente Umhüllung 10 lichtstreuende Partikel, sogenannte Diffusoren aufweisen. Beispiele für derartige Diffusoren sind mineralische Füllstoffe, 15 insbesondere  $\text{CaF}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  oder  $\text{BaSO}_4$  oder auch organische Pigmente. Diese Materialien können auf einfache Weise den o. g. Kunststoffen zugesetzt werden.

20 In den Figuren 7 und 8 sind abschließend Emissionsspektren eines blauen Licht abstrahlenden Halbleiterkörpers (Fig. 8) (Lumineszenzmaximum bei  $\lambda \sim 430$  nm) bzw. eines mittels eines solchen Halbleiterkörpers hergestellten weiß leuchtenden erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements (Fig. 9) gezeigt. An der 25 Abszisse ist jeweils die Wellenlänge  $\lambda$  in nm und auf der Ordinate ist jeweils eine relative Elektrolumineszenz (EL)-Intensität aufgetragen.

Von der vom Halbleiterkörper ausgesandten Strahlung nach Figur 7 30 wird nur ein Teil in einen längerwelligen Wellenlängenbereich konvertiert, so daß als Mischfarbe weißes Licht entsteht. Die gestrichelte Linie 30 in Figur 8 stellt ein Emissionsspektrum von einem erfindungsgemäßen Halbleiterbauelement dar, das 35 Strahlung aus zwei komplementären Wellenlängenbereichen (Blau und Gelb) und damit weißes Licht aussendet. Das Emissionsspek-

trum weist hier bei Wellenlängen zwischen ca. 400 und ca. 430 nm (Blau) und zwischen ca. 550 und ca. 580 nm (Gelb) je ein Maximum auf. Die durchgezogene Linie 31 repräsentiert das Emissionsspektrum eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements, das 5 die Farbe Weiß aus drei Wellenlängenbereichen (additives Farbtripel aus Blau, Grün und Rot) mischt. Das Emissionsspektrum weist hier beispielsweise bei den Wellenlängen von ca. 430 nm (Blau), ca. 500 nm (Grün) und ca. 615 nm (Rot) je ein Maximum auf.

10

Desweiteren ist in Figur 11 ein Emissionsspektrum eines erfindungsgemäßen Halbleiterbauelements dargestellt, das mischfarbiges Licht aus blauem Licht (Maximum bei einer Wellenlänge von ca. 470 nm) und rotem Licht (Maximum bei einer Wellenlänge von 15 ca. 620 nm) abstrahlt. Der Gesamtfarbeindruck des abgestrahlten Lichtes für das menschliche Auge ist Magenta. Das vom Halbleiterkörper abgestrahlte Emissionsspektrum entspricht hier wiederum dem von Figur 7.

## Patentansprüche

1. Licht abstrahlendes Halbleiterbauelement mit einem Strahlung aussendenden Halbleiterkörper (1), mit mindestens einem ersten und einem zweiten elektrischen Anschluß (2,3), die mit dem Halbleiterkörper (1) elektrisch leitend verbunden sind, und mit einem Lumineszenzkonversionselement,  
**dadurch gekennzeichnet,**
  - daß der Halbleiterkörper (1) eine Halbleiterschichtenfolge (7), die eine elektromagnetische Strahlung der Wellenlänge  $\lambda$  von  $\leq 520$  nm aussendet und
    - daß das Lumineszenzkonversionselement Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung eines zweiten Wellenlängenbereiches umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus einem zweiten spektralen Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung des zweiten Wellenlängenbereiches aussendet.
2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement Strahlung eines ersten spektralen Teilbereiches der von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung mehrerer zweiter Wellenlängenbereiche umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus einem zweiten spektralen Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung der zweiten Wellenlängenbereiche aussendet.
3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement Strahlung mehrerer erster spektraler Teilbereiche der von dem Halbleiterkörper (1) ausgesandten, aus einem ersten Wellenlängenbereich stammenden Strahlung in Strahlung mehrerer zweiter Wellenlängen-

bereiche umwandelt, derart, daß das Halbleiterbauelement Strahlung aus mehreren zweiten spektralen Teilbereichen des ersten Wellenlängenbereiches und Strahlung der zweiten Wellenlängenbereiche aussendet.

5

4. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Halbleiterkörper (1) eine aktive Schicht aus  $\text{Ga}_x\text{In}_{1-x}\text{N}$  oder  $\text{Ga}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$  aufweist.

10

5. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Lumineszenzkonversionselement über oder auf dem Halbleiterkörper (1) mindestens eine Lumineszenzkonversionsschicht (4) vorgesehen ist.

15

6. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß als Lumineszenzkonversionselement eine Lumineszenzkonversionsumhüllung (5) vorgesehen ist, die zumindest einen Teil des Halbleiterkörpers (1) und Teilbereiche der elektrischen Anschlüsse (2,3) umschließt.

20

7. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement mit einem oder mehreren Lumineszenzfarbstoffen (6) versehen ist.

25

8. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der bzw. die zweiten Wellenlängenbereiche zumindest teilweise größere Wellenlängen  $\lambda$  aufweist als der bzw. die ersten Wellenlängenbereiche.

30

9. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 oder 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der zweite spektrale Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und der zweite Wellenlängenbereich zumindest teilweise zueinander komplementär sind, so daß mischfarbiges, insbesondere weißes Licht erzeugt wird.

35

10. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **durch gekennzeichnet**, daß ein zweiter spektraler Teilbereich des ersten Wellenlängenbereiches und zwei zweite Wellenlängenbereiche ein additives Farbtripel ergeben.

5

11. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **durch gekennzeichnet**, daß die vom Halbleiterkörper (1) ausgesandte Strahlung bei  $\lambda = 430$  nm oder bei  $\lambda = 450$  nm ein Lumineszenz-Maximum aufweist.

10

12. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest ein Teil der Oberfläche des Halbleiterkörpers (1) von einer transparenten Umhüllung (15) umgeben ist und daß auf der transparenten 15 Umhüllung (15) eine Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufgebracht ist.

13. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest auf einem 20 Teil der Oberfläche des Halbleiterkörpers (1) eine Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufgebracht ist.

14. Halbleiterbauelement nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Halbleiterkörper 25 (1) in einer Ausnehmung (9) eines Grundgehäuses (8) angeordnet ist und daß die Ausnehmung (9) mit einer Lumineszenzkonversionsschicht (4) aufweisenden Abdeckschicht versehen ist.

15. Halbleiterbauelement einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Halbleiterkörper (1) in einer Ausnehmung (9) eines Grundgehäuses (8) angeordnet ist und daß die Ausnehmung (9) zumindest teilweise mit dem Lumineszenzkonversionselement gefüllt ist.

15. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement mehrere Schichten mit unterschiedlichen Wellenlängenkonversionseigenschaften aufweist.

5

16. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement organische Farbstoffmoleküle in einer Kunststoff-Matrix aufweist, die insbesondere aus Silikon-, Thermoplast- oder Duroplastmaterial besteht.

10

17. Halbleiterbauelement nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement organische Farbstoffmoleküle in einer Epoxidharz-Matrix aufweist.

15

18. Halbleiterbauelement nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement organische Farbstoffmoleküle in einer Polymethylmetacrylat-Marix aufweist.

20

19. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement organische Farbstoffmoleküle mit und ohne Wellenlängenkonversionswirkung aufweist.

25

20. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement und oder eine transparente Umhüllung (10,15) lichtstreuende Partikel aufweist.

30

21. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement mit einem oder mehreren lumineszierenden 4f-metallorganischen Verbindungen versehen ist.

22. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **durch gekennzeichnet**, daß das Lumineszenzkonversionselement und oder eine transparente Umhüllung (10,15) mit mindestens einem im Blauen lumineszierenden Lumineszenzfarbstoff versehen ist.

5

23. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **durch gekennzeichnet**, daß nur ein einziger Halbleiterkörper (1) vorgesehen ist.

10 24. Verwendung einer Mehrzahl von Halbleiterbauelementen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 23 in einer vollfarbtauglichen LED-Anzeigevorrichtung.

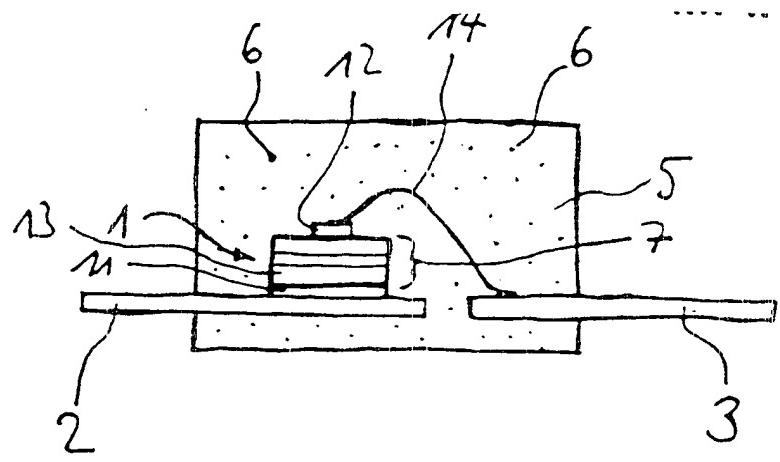


Fig. 1

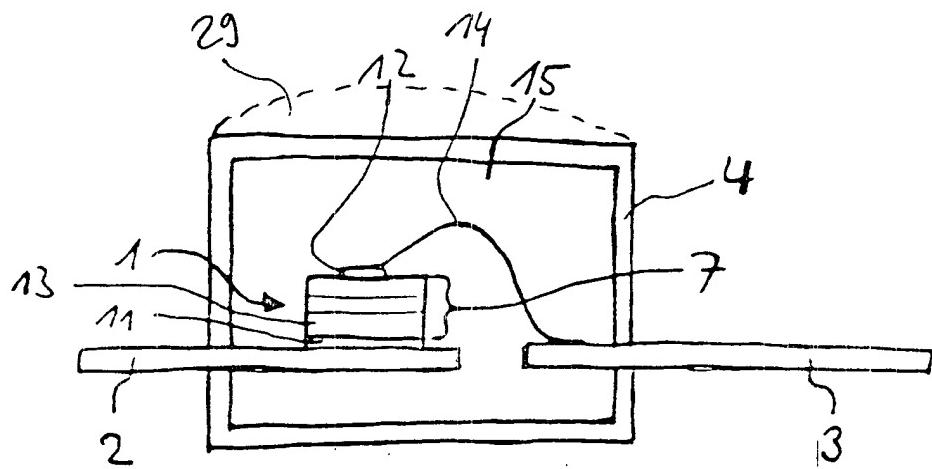


Fig. 2

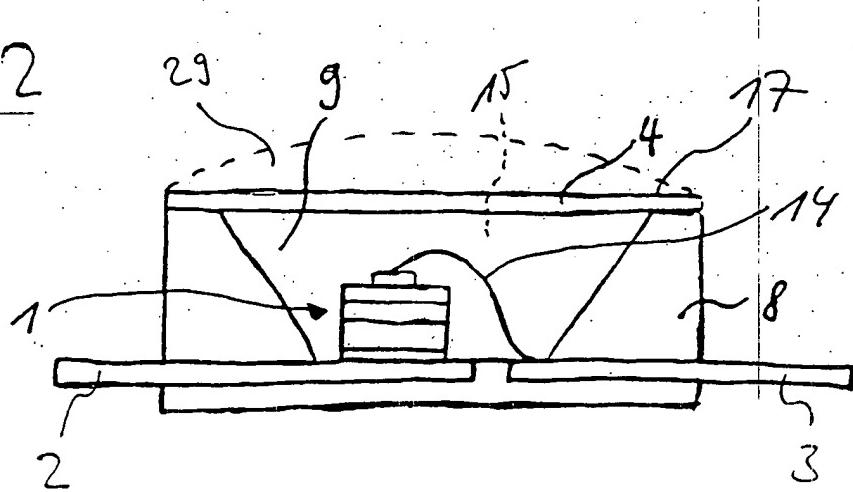


Fig. 3

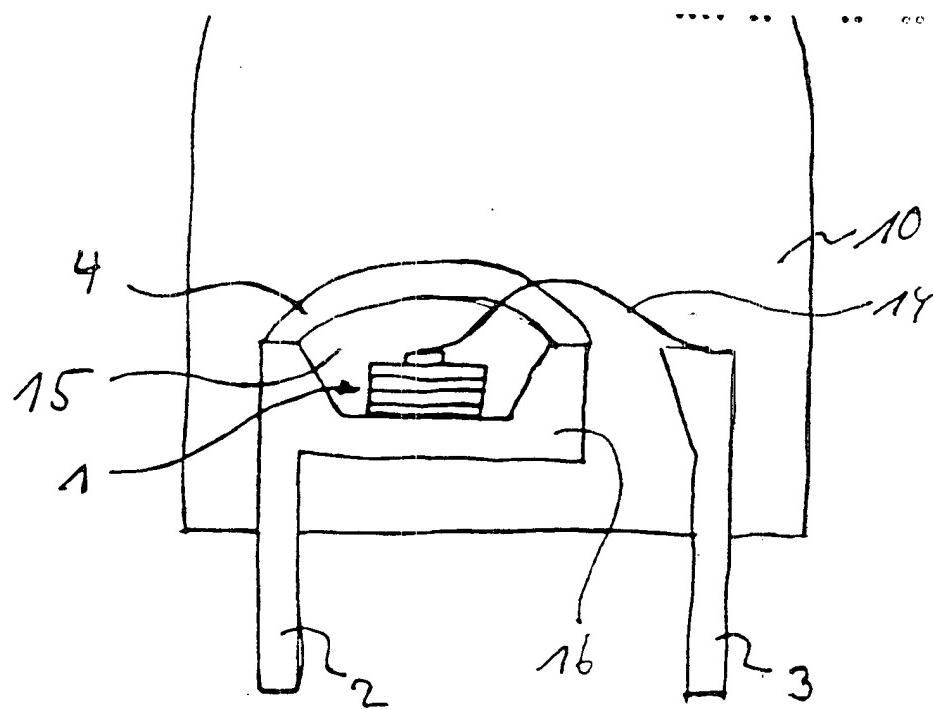


Fig. 4

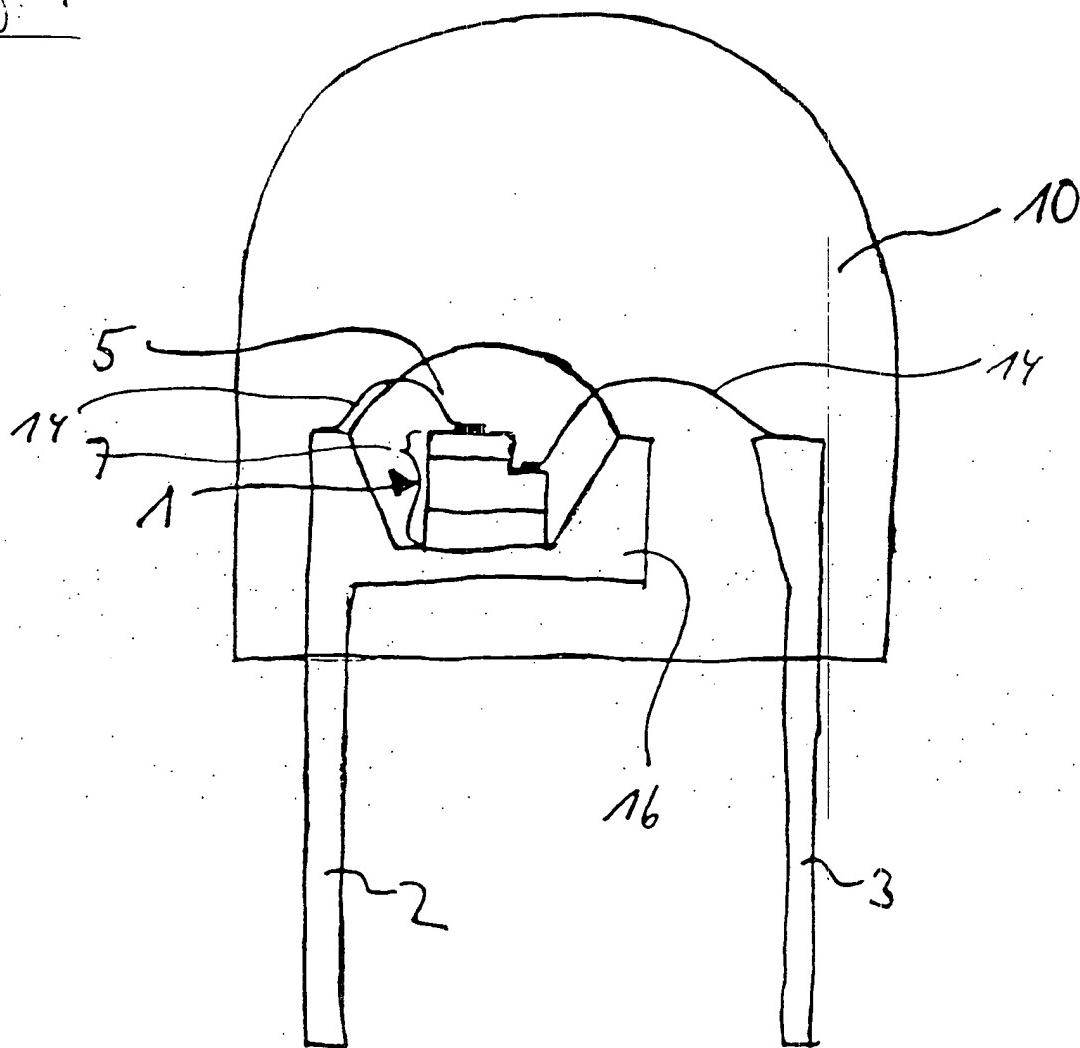


Fig. 5

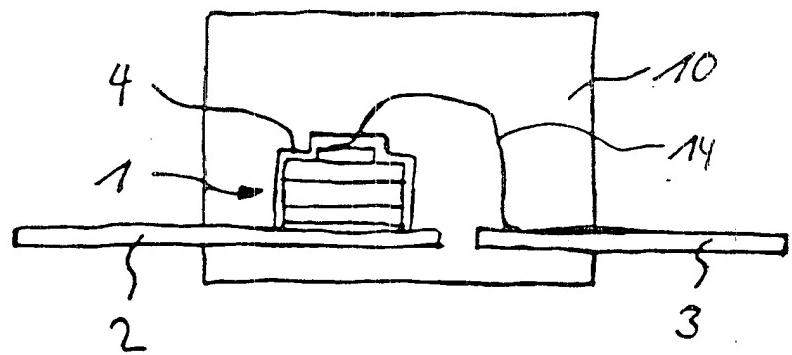


Fig. 6

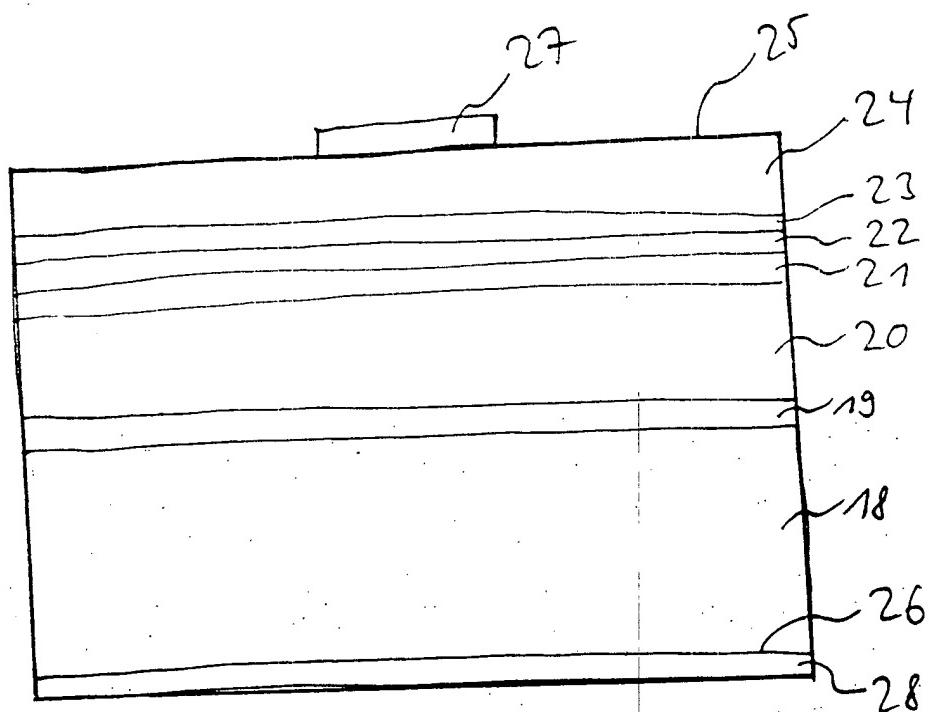


Fig. 9

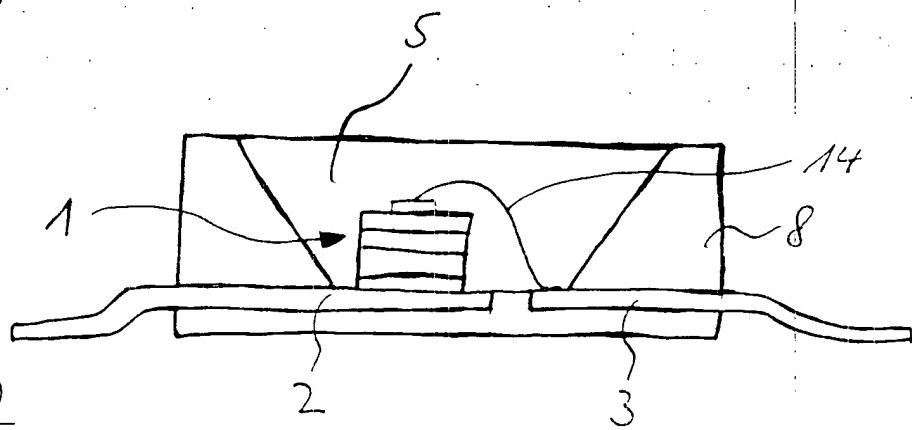


Fig. 10

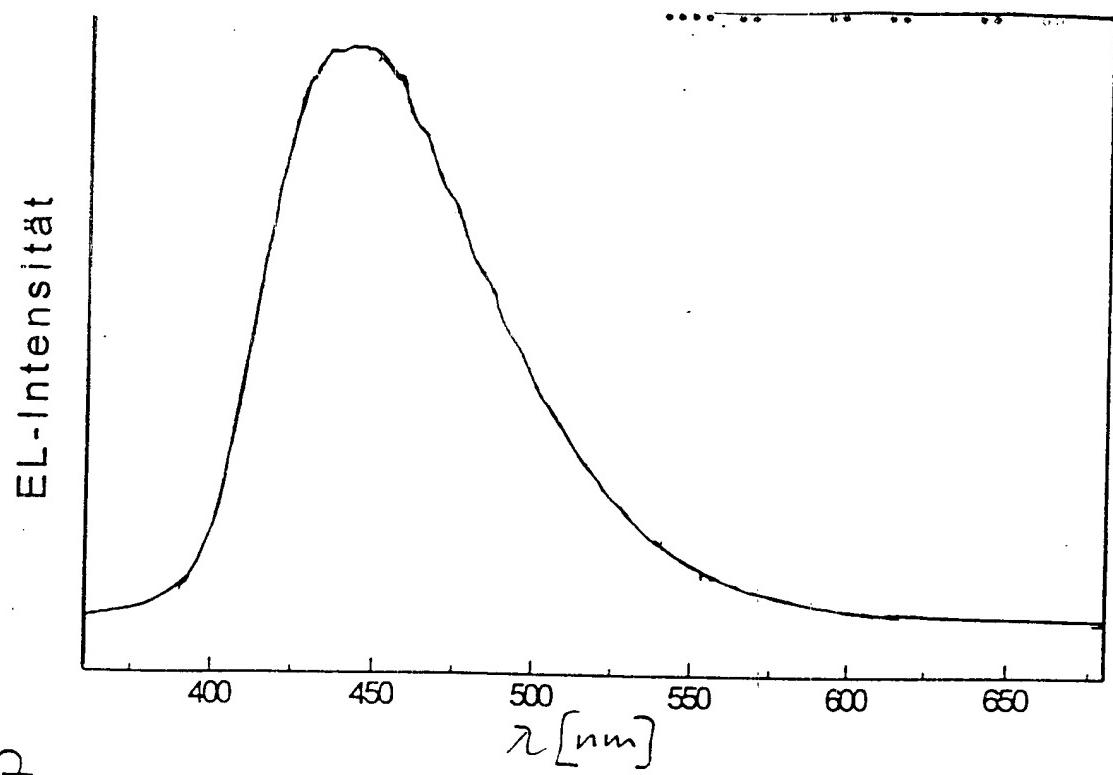


Fig. 7

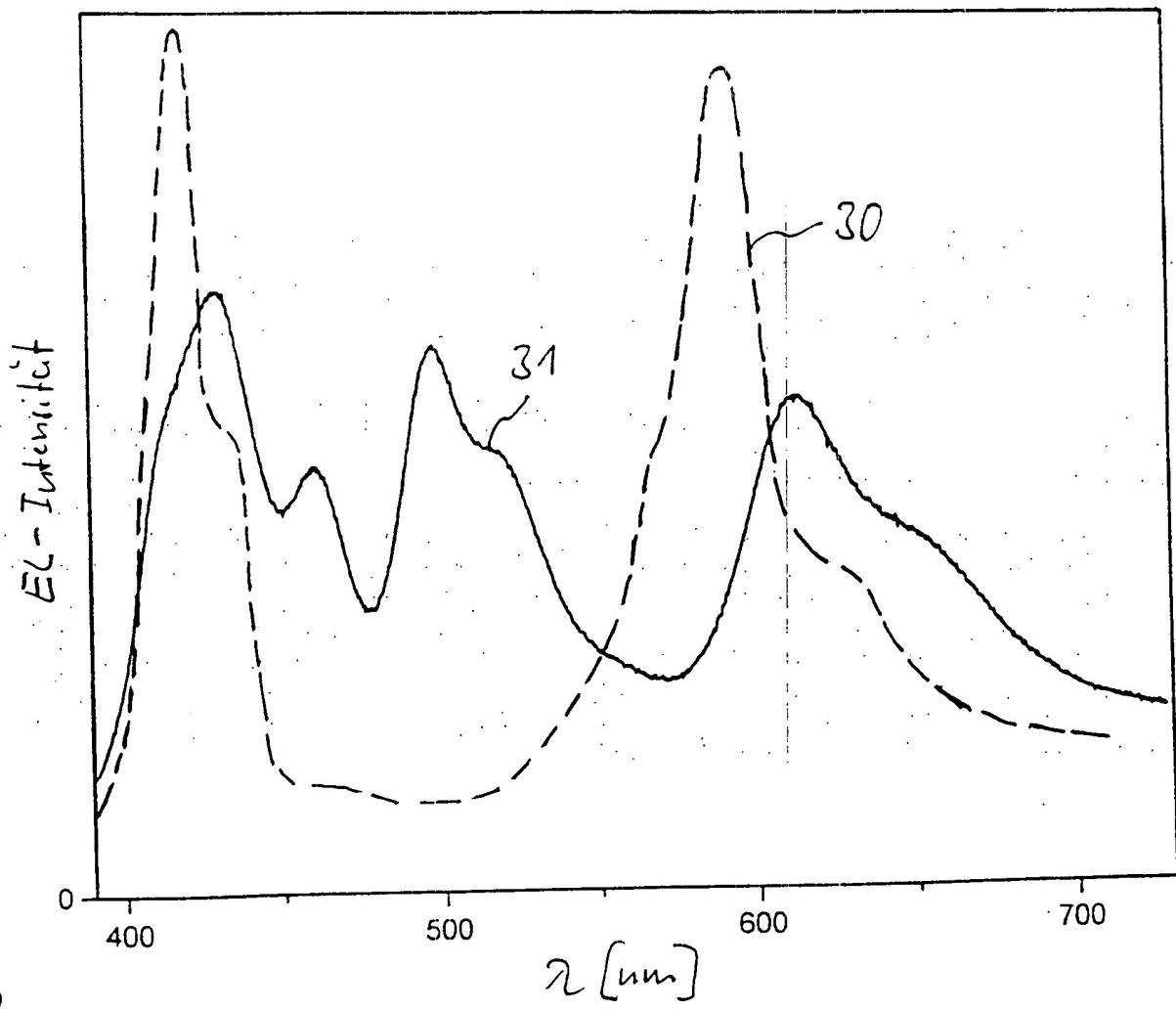


Fig. 8

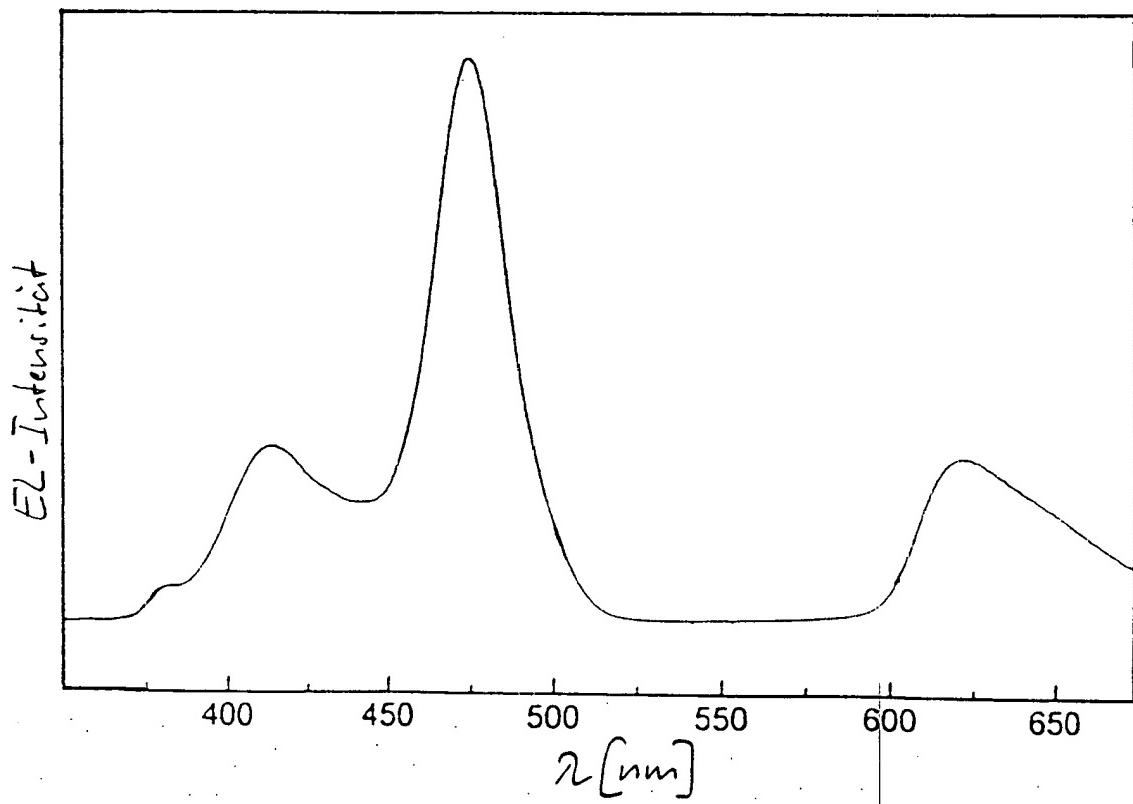


Fig. 11